ANALES DE LA UNIVERSIDAD

República Oriental del Uruguay

ANALES

DE

LA UNIVERSIDAD

Entrega N.º 126

Administrador: Manuel Babío

SUMARIO: « Los métodos en el Derecho Público. Fundamentos de un programa de Derecho Constitucional » por Juan Carlos Gómez Haedo. — Ciclo de conferencias pronunciadas en el salón de Actos Públicos de la Universidad, por Sara Rey Alvarez. — « Utilización de la energía hidráulica de los ríos ». Conferencia dada por el ingeniero Víctor B. Sudriers el 9 de Julio de 1926 en los salones de la Asociación Politécnica. — « La energía hidro-eléctrica del Río Negro ». Conferencia pronunciada en el salón de Actos Públicos de la Universidad por el doctor Gabriel Terra, el 17 de Mayo de 1928. — « Ensayo de Materiales » por el ingeniero Vicente I. García.

AÑO 1930

MONTEVIDEO

IMPRENTA NACIONAL

1930

ANALES DE LA UNIVERSIDAD

AÑO XXXVIII | MONTEVIDEO 1930 | ENTREGA N.º 126

LOS MÉTODOS EN EL DERECHO PÚBLICO

FUNDAMENTOS DE UN PROGRAMA DE DERECHO CONSTITUCIONAL

POR

JUAN CARLOS GÓMEZ HAEDO

Catedrático de Derecho Constitucional en la Universidad de Montevideo

Reconocer la razón en la realidad.

Hegel.

I

La historia de la cátedra

La Cátedra de Constitucional en la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, evoca una de las mejores tradiciones de nuestra historia universitaria.

Tribuna del pensamiento libre y laboratorio de alta investigación científica, ha mantenido el prestigio de la doctrina más allá del recinto de la clase, por la autoridad y el renombre de los maestros llamados a dictarla.

En 1871 (1) Carlos María Ramírez en la plenitud de su

(1) La cátedra de Derecho Constitucional fué creada por la Ley de Presupuesto de 1870, debido a la iniciativa del Rector de la Universidad, doctor don Pedro Bustamante. En el informe pasado a la Sala de Doctores el 18 de Julio de 1870, se da cuenta de que, «al ocuparse de la creación de nuevas cátedras que elevasen el estudio del derecho principalmente a la altura de las exigencias de la época», se propuso y solicitó del Gobierno la de las salas de Derecho Constitucional y Derecho Penal; solicitud que fué atendida por el Gobierno y por la Legislatura al sancionarse el Presupuesto General de Gastos para el corriente año.

Sin embargo, parece que ya había funcionado un curso de Derecho Constitucional—

ardorosa juventud romántica lleva al aula universitaria el idealismo de los doctrinarios, al iniciar su curso expositivo de los derechos individuales. Ante el espectáculo sangriento de la guerra civil, tocado por el fuego celeste como Paulo en el camino de Damasco, cree necesario arrancar a los partidos su tradición histórica, encausando su acción en nuevos motivos que no fueran la adoración estática del pasado y el mantenimiento sistemático de los viejos odios. Y así, desde la "Bandera Radical", órgano de aquel pensamiento generoso y quimérico, del que habría de nacer más tarde el "Partido Constitucional", recoge su enseñanza universitaria, compartida con la vivacidad de la polémica predicando el dogma mesiánico de la fraternidad.

Espíritu nutrido en las ideas del movimiento liberal francés que nació en los días de la Restauración, adoctrinado en las enseñanzas de Guizot y de Lamartine, de Laboulaye y de Tocqueville, de Jules Simón y de Benjamín Constant (1); de Rossi y Thiercelin; lector apasionado de Macauley y Ampére (he visto un ejemplar de la Historia Romana, todo anotado de su puño y letra); sintiendo verdadera pasión por la historia y con vocación de historiador él mismo, como lo acreditan sus ensayos; (Rodó decía que Carlos María Ramírez estaba llamado a escribir, mejor que cualquier otro de sus contemporáneos, la historia nacional, realizando entre nosotros la obra que llevaron a cabo, Mitre y el doctor Vicente F. López en la Argentina); su enseñanza fué doctrinaria y filosófica, con vistas históricas.

Sus conferencias improvisadas (2) en los momentos ro-

---

anexo al de Economía Política — dictado por el doctor Carlos de Castro. El resumen de la parte del primer año se puede ver en la obra de «Derecho Constitucional», publicada por el doctor Carlos de Castro en 1869. Comprendía: I. Introducción al curso de Derecho Constitucional. II. De las libertades constitucionales: De la Igualdad, de la Libertad, de la Prensa, de la Propiedad, de las de Imprenta, de las de Peticiones, de las Asociaciones, del Derecho de Reunión, de la Libertad de Conciencia, de la Publicidad. III. De los Poderes Constitucionales: División de los Poderes Públicos. De la Potestad Legislativa, del Poder Judicial, del Poder Ejecutivo, y de la prerrogativa.

(1) Véase: Escritos de Carlos María Ramírez, Montevideo, Imprenta de «El Siglo Ilustrado», 1923, tomo I, página XX. Prólogo por Raúl Montero Bustamante.

(2) «La Bandera Radical», correspondiente a Marzo de 1871 (t. I, pág. 253) decía en un suelto que el catedrático de Derecho Constitucional «en la última sesión del

bados a la labor apremiante del diarismo, conservan aún por sobre la parte de la doctrina que el tiempo ha inevitablemente marchitado, la eficacia del ímpetu oratorio y el sincero ardor de la convicción. Son una contribución más a la causa de las libertades públicas, razonando los principios jurídicos en que se fundan los derechos del hombre y del ciudadano, frente al poder omnipotente del Estado, para afirmar esa dignidad eminente de la personalidad humana, según la bella expresión de Henri Michel.

Desde las páginas de la "Bandera Radical" o en la reimpresión hecha posteriormente para los alumnos del aula, por el profesor interino Dr. Cubiló, ellas han constituido el breviario obligado de varias generaciones. Fuera sin embargo casi una injusticia apreciar la obra de Carlos María Ramírez, como constitucionalista, sólo por aquel improvisado ensayo juvenil. Su propio autor se ha anticipado al juicio de sus contemporanéos: "Al bosquejar estas conferencias hago un verdadero sacrificio de vanidad; no forman ellas ni llegarán a formar nunca, un texto para el uso constante de la clase; son las inspiraciones de hoy, que sirven para el día de hoy y nada más, indicación ligera de las materias, que debemos

---

Consejo Universitario hizo presente la dificultad invencible en que se encontraba para adoptar un texto de enseñanza.

«En los libros europeos, derecho monárquico; en los libros norteamericanos, derecho federal; en los libros sudamericanos, deficientes unos, e inadecuados otros».

«El catedrático pidió que se constatase en el acta su convicción de que esta falta de texto crearía muchas dificultades en los primeros tiempos del aula, viéndose él obligado a improvisar conferencias que sirvan para fijar los puntos primordiales de la ciencia».

Se anunciaba en el mismo suelto que las conferencias serían probablemente semanales, verían la luz pública en la «Bandera Radical» y que la inauguración de la cátedra tendría lugar el 1° de Abril.

El doctor Alejandro Magariños Cervantes, equivocadamente anunció la inauguración para el lunes de la primera semana de Abril. El señalado por el catedrático era el lunes de Páscua, pero por estar cerrada la Universidad el sábado, no fué anunciada ni se mandaron avisos a los diarios, por lo cual se postergó para el miércoles.

La conferencia inicial se realizó el miércoles de Pascua y aparece publicada en la «Bandera Radical», año I, N.° 13. En la advertencia preliminar, el autor encarece benevolencia para el primer ensayo de los trabajos que, en la necesidad de suplir la falta de texto, necesita improvisar a la carrera en medio de atenciones diversas y de graves preocupaciones morales».

discutir cada semana, en ese estudio y en esa discusión confío para el buen éxito de nuestras tareas escolares; apuntes de cartera sobre el científico viaje que emprendemos, con el justo anhelo y el deliberado empeño de llegar a la verdad y de alcanzar el bien, ese anhelo y ese empeño nos garanten el arribo a feliz puerto.''

Alejado de la cátedra de cuyo brillante pasaje queda un programa de Derecho Constitucional (1) y sus conferencias, su actuación en la prensa y en la tribuna parlamentaria constituyen una de las más valiosas contribuciones al estudio de nuestro derecho público. En el tomo I de sus ''Discursos Parlamentario'', único hasta la fecha publicado, hay pruebas tales como el notable trabajo sobre el pedido de informes redactado en las Cámaras del 1889. De su última campaña periodística en ''La Razón'' 1894 a 1898, quedan dispersos jugosos artículos escritos en la plenitud de su talento, nutridos de doctrina, testimonio de su alta preparación para tratar los más arduos problemas del derecho público. Revisando esas páginas olvidadas, puedo señalar no menos de cincuenta que versan sobre la materia que fué el motivo de sus primeros estudios. Y a través de las consideraciones de carácter político o de las frecuentes comprobaciones en que la historia y los antecedentes constitucionales forman la base, el perfil del profesor se acusa con singular relieve, no ya esta vez ante el grupo reducido del aula, sino convertido en tribuno de pueblo, dirijiendo la opinión nacional en una de las más brillantes campañas periodísticas.

A Carlos María Ramírez sucedióle en la cátedra — vencedor en un concurso universitario singularmente brillante, como que fué opositor el Dr. Francisco J. Berra — el Dr. Justino Jiménez de Aréchaga.

Pocos casos se han dado en nuestra historia universitaria de una tan prolongada influencia intelectual, como representa el reinado de sus doctrinas. Su opinión se ha citado como autoridad en el Parlamento y en la prensa, sus libros con-

(1) Véase: «La Bandera Radical», Montevideo, 1871, t. III, págs. 616 a 624.

tinúan pasándose de mano en mano entre los estudiantes del aula y sus juicios sobre instituciones o sistemas políticos se siguen recibiendo bajo el prestigio de su palabra como axiomas de la ciencia política. En la cátedra y fuera de ella, puede decirse que —desvanecida en el tiempo su doctrina — aún prosigue dictando su enseñanza.

¿Que causas han asegurado este noble prestigio a la autoridad del maestro? Creo en primer término, que hay que buscar en la obra del profesor, la explicación de su éxito.

Claros, precisos, sus libros son excelentes como exposición razonada de nuestro sistema constitucional. Gracias a la limpidez de su estilo tienen la virtud de fijarse sin esfuerzo; y sus fórmulas nítidas, sus argumentos esbeltamente desenvueltos como las conclusiones de un teorema de geometría, dispuestos con firmeza lógica, prestan a sus doctrinas un valor de convicción que se impone sin vacilaciones.

Sobre la eficacia y el valor de su enseñanza en la cátedra, el Dr. Juan Andrés Ramírez se ha referido en los fundamentos del programa de Derecho Constitucional presentado al tribunal del concurso el año 1906, y el Dr. Justino Jiménez de Aréchaga (hijo) al hacerse cargo del curso en 1911 ha trazado con cariño filial, el perfil del maestro desaparecido.

A raíz de un conflicto universitario el doctor Jiménez de Aréchaga fué separado de la cátedra por un decreto dictado bajo el gobierno del General Santos.

Vacante el cargo de titular se designó para sustituirlo al doctor Manuel Herrero y Espinosa. Inteligencia fina, espíritu cultivado, orador elegante — como se mostró más tarde en el parlamento — el doctor Herrero y Espinosa era una de las figuras simpáticas de la juventud, formada en los debates del Ateneo y de la "Sociedad Universitaria".

Por las breves palabras pronunciadas al inaugurar el aula de Derecho Constitucional el día 16 de Marzo de 1885 se echa de ver a un discípulo de Spencer. "El Derecho Constitucional — decía — sería una ciencia incomprensible para la mayoría de los hombres sin el conocimiento de que las sociedades humanas evolucionan como cualquier otro orga-

nismo (1). Y agregaba casi inmediatamente que "difícilmente sin el estudio de la forma del crecimiento, de los aparatos y de las funciones sociales, se comprenderían, más tarde, al individuo en sus relaciones con el Estado, al Gobierno, la división de los poderes, el principio religioso y todo el conjunto de fenómenos que el conocimiento de la sociedad enseña". Siguiendo a Lastarria en sus lecciones de "Política Positiva" cuya filiación filosófica está en las doctrinas de Comte, preconiza la reforma del programa (2) en el sentido de estudiar la sociedad antes de entrar al estudio del Derecho Constitucional.

En el estudio del Estado y de los fines que debe de cumplir afirma que sostendrá un criterio relativista entre los que absorven al individuo en el Estado y los que reducen su misión a la de gendarme, encargado de garantir la seguridad individual y termina manifestando que la comprobación de las ideas emitidas durante el curso, la hará con estudios históricos porque, la historia es la ley de las investigaciones constitucionales y facilita el caudal enorme de datos necesarios para comprobar la existencia de leyes fijas e invariables en las sociedades humanas".

El interregno del doctor Herrero y Espinosa fué sólo un episodio de la cátedra. Repuesto el doctor Aréchaga, la orientación de la enseñanza se afirmó en el sentido que le diera desde su iniciación.

El programa del curso redactado por el doctor Aréchaga, (3) respondiendo a las exigencias de la época, abarcaba no sólo el campo del Derecho Constitucional sino también el de materias afines.

En el primer año se estudiaba: I "La organización social." Origen del estado de sociedad. El individuo y el Estado. La

(1) Véase: «La Universidad»,, Montevideo, 1885, t. I, págs. 23 a 27.

(2) El programa del curso de primer año, redactado por el doctor Herrero y Espinosa, está publicado en la «Revista de la Sociedad Universitaria», 1885, t. IV, págs. 200 a 217. Se indicaba como texto las «Lecciones de Política Positiva» por *J. V. Lastarria* y ampliaciones orales del catedrático.

(3) El programa que sigo es el impreso el año 1889 por la Facultad de Derecho. Es en sus grandes líneas la reproducción del de C. M. Ramírez.

soberanía del pueblo. Derechos individuales. La libertad religiosa. Relaciones del Estado y las Iglesias. Religión del Estado exclusiva. Religión de Estado dominante. Protección y reglamentación de varios cultos. Independencia recíproca del Estado y las Iglesias. La libertad del pensamiento. La libertad de enseñanza. La libertad de trabajo. Libertad de reunión y de asociación. La libertad personal. El derecho de petición. La igualdad. Y II: "La organización política". El sufragio. Modos de votar. Sistemas electorales.

Las lecciones sobre esta parte relativa al sufragio, aparecieron primeramente en la "Revista del Plata" y en los "Anales del Ateneo de Montevideo", publicándose luego bajo el título de "La Libertad Política". De esta obra han salido dos ediciones, la de 1886 y la de 1905 (edición oficial).

El segundo año comprendía: Formas de gobierno. El principio de la división de los poderes. El Poder Legislativo. Las dos Cámaras. Organización de la Cámara de Representantes. Organización del Senado. Disposiciones comunes a ambas Cámaras. Formación de las leyes. Atribuciones del Poder Legislativo. Juicio político. La Comisión Permanente. El Poder Ejecutivo. Unidad del Poder Ejecutivo. Duración de las funciones presidenciales. Elección y sustitución del Presidente. Atribuciones del Presidente de la República. Restricciones en el ejercicio del Poder Ejecutivo. Los Ministros de Estado. El Poder Judicial. Misión del Poder Judicial. Tribunales colegiados, tribunales unipersonales y Jurados. Duración de las funciones judiciales, nombramiento y remuneración de los Jueces. Bases de organización judicial establecidas en la Constitución. Gobierno y administración interior de los Departamentos. Los Jefes Políticos. Las Juntas Económico - Administrativas. Principios teóricos sobre el Gobierno Municipal. El Poder Constituyente.

Las lecciones del curso referente al Poder Legislativo, fueron publicadas por su autor en 1887-1890 e incluidas en la edición oficial de sus obras realizada en 1906.

De la parte del Poder Ejecutivo, los Ministros, Gobierno de los Departamentos y Poder Constituyente sólo quedan las enseñanzas recibidas por sus alumnos y algunos apuntes de clase.

La extensión de este programa, así distribuido, hay que buscarlo en la modalidad espiritual del profesor y en el carácter de la enseñanza universitaria.

"Combativo y tenaz, lógico, silogístico, su espíritu se forjó para la polémica, para la controversia y en ella vivió, llevando a su cátedra problemas fundamentales de otras ciencias, con el fin de neutralizar lo que estimaba la acción disolvente de las nuevas ideas". (1)

Dominaba entonces en la cultura el fervor ciencista, determinado por el movimiento intelectual que en Francia se había impuesto a mediados del siglo pasado por obra de Taine y de Renán, los apóstoles del positivismo a los que es común unir en la historia de las ideas científicas del siglo XIX, no obstante ser tan distintos entre sí, como lo observa agudamente Bourget. Era la hora del apogeo de Spencer a cuyo reinado triunfal alcanzó todavía mi promoción universitaria. "Bajo la influencia del pensador inglés — dice García Calderón al estudiar la evolución filosófica de las Democracias latinas (2) — se profesa un materialismo o un positivismo hostil a las ideas ontológicas, se cree en la ciencia más todavía que en las ciencias, en la explicación racional de todos los misterios, en la supremacía de las matemáticas y de la física".

La significación particular de estas doctrinas, sufre en la cátedra, la deformación impuesta por la estrechez de criterio o la mediocridad de los llamados a enseñarlas. Profesor había cuyo campo científico se podía esquematizar en la siguiente forma: Autores anteriores a Spencer, todos equivocados. Refutación obligatoria por los argumentos A. B. C. que se encontraban naturalmente, en el mismo Spencer. Advenimiento de Spencer, resolución del problema. Es natural que el vigoroso filósofo inglés no era culpable de este estado de servidumbre espiritual que reinaba en sus

---

(1) *Justino E. Jiménez de Aréchaga* — «Sobre enseñanza del Derecho Constitucional», Montevideo, A. Barreiro y Ramos, 1911, pág. 9.

(2) *F. García Calderón* — «Les Democraties latines de l'Amerique», París, E. Flammarion, edit., 1912, pág. 224.

admiradores ultramarinos. Para descargo de la ofuscación colectiva, no sólo valdrían las voces aisladas que pretendían refutarlo, — Aréchaga entre nosotros — sino también la generalización del fenómeno a gran parte de la América Latina. En 1883 un político colombiano, Presidente de esta Nación, Rafael Nuñez, exponía a sus ciudadanos la sociología de Spencer como remedio al dogmatismo de sus predecesores''. (1)

El profesor Aréchaga, hizo de su cátedra el baluarte del espiritualismo frente a las nuevas tendencias que surgían. El programa de primer año abarcando extensamente los problemas del origen de la sociedad, el individuo y el Estado, le permitía amplio campo para entrar a la lucha con las doctrinas cuya difusión encontraba inconveniente. Uno de sus discípulos y luego su continuador en la cátedra, el doctor Juan Andrés Ramírez, (2) ha recordado que durante el curso que siguió como estudiante, se trataron en ella desde el origen de las especies, a los problemas relativos al libre cambio y al proteccionismo.

La formación espiritual del doctor Aréchaga, puede encuadrarse en el tipo del liberalismo español que tuvo por jefes a Gumersindo Azcárate y Salmerón. Ampliamente informado sobre el movimiento político francés, tenía en cambio más fe en las instituciones inglesas y americanas, cuyos principios elevados a la categoría de postulados y convertidos en fórmulas absolutas, razonaba bajo la autoridad de Grimke y de Stuart Mill.

Su método era el dogmático. Siendo la finalidad de una institución, determinado objeto; lógicamente, la razón tenía que descubrir cuál era la fórmula de organización más conveniente.

El proceso histórico, los nuevos hechos, las deformaciones que el sistema recibía como resultado de su desplazamiento en la acción, debían ser considerados como apartamientos del principio absoluto, de la razón trascendente que determinaba su creación.

---

(1) *F. García Calderón* — **Obra citada, pág. 254.**

(2) *J. A. Ramírez* — **« El derecho constitucional en la Universidad », Montevideo, 1905, pág. 6.**

(1) "Taine, caracteriza el procedimiento del espíritu clásico en seguir en toda investigación, sin reserva ni precaución, el método de las matemáticas; extraer, circunscribir, aislar algunas nociones muy simples y muy generales; después, abandonando la experiencia, compararlas, combinarlas, y del compuesto artificial así obtenido deducir por la razón todas las consecuencias que encierra".

M. Deslandres hace notar (2) la relación estrecha que existe entre este método y el método jurídico. Ambos son deductivos, partiendo de principios establecidos. En lo que se diferencian es en la esencia diversa de los principios de que parten.

"El método jurídico toma los suyos del orden jurídico, el método dogmático en la naturaleza del individuo o de la sociedad."

La crítica del método dogmático nace, pues, de la deficiencia de los postulados en que se funda.

En primer término: 1.o Las constituciones son obra de nuestra razón y de nuestra voluntad, lo que importa asignar a la voluntad y a la razón un papel exagerado con relación a la realidad. 2.o El espíritu humano está en posesión de principios, de verdades absolutas de una evidencia que se impone a nuestro entendimiento, lo que está en contradicción con los resultados de la filosofía y de la historia, al presentarnos la contradictoria solución sobre esas verdades absolutas que creemos poseer. 3.o La universalidad de las soluciones, que impone con un rigorismo matemático aplicando igualmente para todos los pueblos, fórmulas políticas, que desconocen la realidad histórica y que están destinadas a la fatal deformación.

El doctor Aréchaga personifica con singular relieve en nuestro ambiente universitario, esta tendencia que impuso con vigor admirable y con una sólida preparación adquirida en más de treinta años de enseñanza.

---

(1) *Taine*—«Les Origines de la France contemporaine», «L'ancien régime», pág. 262 (citado por Deslandres).

(2) *Deslandres* — «La crise de la science politique», «R. de Droit Publique», 1901, t. I, pág. 395.

Su actuación parlamentaria posterior, afirma sin desmedro para el maestro, las mismas soluciones nítidas de la teoría, fiel en la plena madurez de su talento al númen tutelar de la lógica. Sus últimos años fueron, sin embargo, de renovación.

"Acalladas las pasiones de la juventud, — nos dice el menos severo de sus biógrafos, — pudo planear un programa de Derecho Constitucional Comparado, que no llegó a implantar en el aula y salió de ella, dejando en el ambiente universitario la vibración de su dogmatismo irreductible." (1)

A su muerte sucedióle en la cátedra el doctor Juan Andrés Ramírez.

El doctor Ramírez realizó la reforma del programa del doctor Aréchaga. Toda la materia del 2.° año, pasó a ser tratada en el primero, eliminándose las secciones relativas al Estado, por entender que debían ser objeto de especial estudio en la cátedra de filosofía del Derecho, o en la de Derecho Administrativo.

El curso de 2.° año fué sustituído por un ciclo de Derecho Constitucional Comparado, de las instituciones de Inglaterra, Francia, Estados Unidos, Alemania, Suiza, España, Italia, Chile, Brasil y la Argentina y la Constitución de nuestro país, con el comentario de sus artículos, además de examinar los factores sociológicos que influyeron en el nacimiento y aplicación de nuestro derecho.

Al mismo tiempo en los fundamentos del programa, el profesor siguiendo la orientación magistral de Boutmy, desenvuelve la teoría histórica de la Constitución, cuya novedosa presentación impresionó favorablemente al jurado (capítulo VI de la exposición), teoría que importaba la aplicación de un criterio metodológico opuesto al de su predecesor.

Las constituciones no son inmutables y eternas. En torno de ellas la vida jurídica se sigue desenvolviendo. Al apli-

(1) *Justino E. Jiménez de Aréchaga* — Obra citada, pág. 10.

carse por razón de la interpretación y de la voluntad de los que la ponen en práctica, sufren modificaciones ligeras que pueden importar a la larga la transformación de un régimen.

De fórmulas jurídicas iguales en la definición legal se llega a sistemas diferentes, por obra del genio del pueblo que las recibe. En el silencio de la ley constitucional, queda abierto un campo libre para la creación espontánea de este derecho, cuya realidad no es posible desconocer sin destruir la fecundidad de la vida jurídica y sin entorpecer el desenvolvimiento de las instituciones.

Lo que el *common law* inglés permite realizar con todo el derecho constitucional de aquel pueblo que representa la más admirable organización jurídica destinada a garantizar la libertad del hombre, en los países de constituciones escritas, como el nuestro, puede alcanzarse en ínfima parte, para aquella porción del derecho público no legislado, sobre el que la constitución no se manifiesta. La división de constituciones en rígidas y flexibles que Bryce propone, no importa negar la transformación de las constituciones de tipo rígido.

El elemento vital de esta enseñanza era la experiencia histórica. Hay que conocer el genio de las instituciones, tal como la evolución nos lo presenta, para comprender el carácter perecedero de las fórmulas que el dogmatismo nos ofrecía como verdades definitivas y absolutas. Así por ejemplo, el Gabinete británico, cuyo mecanismo como sistema de gobierno, constituye el eje central del sistema parlamentario, no es el fruto de la razón sino de la experiencia.

Franqueville, en su estudio sobre las instituciones inglesas nos revela así el secreto de su origen como resultado de la transformación de los antiguos consejeros de la Corona cuando bajo el reinado de los Tudor, pasaron a la categoría de consejeros responsables.

Sin el conocimiento de la evolución histórica, el carácter de las mismas carece de sentido.

Pero con exacta percepción de la realidad el doctor Juan Andrés Ramírez, no dejaba de reconocer lo que el mismo llama "los peligros de la historia". "No diré que la historia sea todo el Derecho Constitucional, sino que me limito a

sostener que no domina tal ciencia quien no conozca la historia constitucional de los pueblos". (1). De este enunciado básico parte para afirmar, siguiendo el punto de vista trazado por Korkounov, (2) que antes de estudiar la vida constitucional de los pueblos en el momento que nuestra mirada los sorprende, hay que apreciarla en su desarrollo histórico, para remontarse después en el futuro, en cuanto pueden abarcarlo las previsiones humanas".

"Los peligros de la historia" dimanan sin embargo de un concepto equivocado o incompleto de las leyes históricas. La "lírica nostalgia de las edades antiguas", como llama Zola a la impresión idealizada del pasado, ha sido causa de lastimosos extravíos políticos. Se ve en Grecia la cuna de la libertad, y se olvida que el poder absoluto del Estado fué la característica de la *πόλις* griega. En Roma el mismo concepto de la absorción del individuo en el estado domina el desenvolvimiento de su genial civilización, apenas atenuado por el nacimiento del derecho pretoriano, que va impregnando de humanidad las fórmulas férreas del derecho quiritario. Historiadores como Freeman han pagado tributo a ese concepto cándido del pasado, cuando al estudiar en páginas vigorosas y magistrales el desenvolvimiento de la Constitución inglesa, se encuentra la afirmación de que el ideal de la democracia, lo constituyen las instituciones primitivas que adoptara por instinto la Humanidad en los primeros siglos.

Mas, estos inconvenientes, sólo pueden atenuarse demostrando "la relatividad del valor de las instituciones que no deben ser juzgadas en abstracto sino con relación a los pueblos". "El modo de combatir esa tendencia está no en suprimir la enseñanza de la historia sino en enseñarla bien".

El programa del doctor Ramírez sufrió una modificación sustancial al hacerse cargo de la cátedra el doctor Justino Jiménez de Aréchaga (hijo). En una vibrante alocución inaugural al realizar la crítica del método histórico, en que

---

(1) *J. A. Ramírez* — « El derecho constitucional en la Universidad », obra citada, págs. 10 y 22 a 31.

(2) *Korkounov* — « Théorie générale du Droit », París, 1903.

su predecesor fundara la enseñanza, estimó que: (1) "el mal grave de la tendencia de la ciencia política, por huir del geometrismo de las fórmulas, es desenvolver sus conceptos a través de la Historia".

"De ello procede la desorientación espiritual que ha caracterizado nuestra época y que ha justificado en parte aquel grito de angustia de que la ciencia está en bancarrota."

"Considera de interés restaurar el dogmatismo del viejo profesor — el doctor Aréchaga padre — para detener la acción de las doctrinas germánicas, que han fundado el dogmatismo de la historia, y justificado la teoría mística del Emperador y que infiltrándose en el solar latino como constructivas del Estado moderno, van dando la vuelta al mundo imponiéndose por su vaguedad al snobismo científico."

"Sólo en el dogma jurídico, puede surgir la fórmula de justicia y de verdad que nos salve de la depravación latente de las instituciones sociales si la Historia no nos enseña otra solución que la violencia de los oprimidos y la brutalidad de los Césares."

"La crisis de la ciencia política sobre la cual se habla con frencuencia, nos revela que esa crisis sólo representa nuevos estados de equilibrio de los elementos jurídicos; pero esa misma crisis nos revela la existencia de esos elementos, inalterables en su esencia, y respecto de los cuales sólo varían tan solo las circunstancias de lugar y de tiempo que los hacen siempre relativos e históricos."

"Hay así un elemento ideológico, inactual, no histórico, que puede traducirse en conceptos, en normas a cuya objetivación tiende el esfuerzo perseverante de la humanidad". (2)

"Resulta de este concepto, que existe un orden social, al cual la humanidad se aproxima por realizaciones sucesivas, y que el estudio histórico del derecho público pone de manifiesto en sus relaciones."

"Orden que todos los ideales de justicia han de integrar al

---

(1) *Justino E. Jiménez de Aréchaga* — «Sobre enseñanza del Derecho Constitucional», Montevideo, 1911, pág. 10.

(2) *Aréchaga* — Obra citada, pág. 12.

confundirse, porque todos llevan una porción de su ley, y que sólo la razón es capaz de formular, ciencia ideal cuyas fronteras con la ciencia positiva son imprecisas según la expresión de Berthelot, y que permiten realizar una enseñanza jurídica dogmática de la ciencia constitucional.''

Pero no solamente el doctor Aréchaga difirió de su antecesor en cuanto al método y expresión del programa, sino en cuanto al criterio interpretativo. En un libro que cronológicamente sucede a estos ensayos y que refleja el pensamiento del autor, porque es libro de exposición y de doctrina, escrito como contribución a la reforma constitucional de 1917, titulado el *''Poder Ejecutivo y sus Ministros''*, el doctor Aréchaga expone la necesidad de distinguir siguiendo la observación genial de Jellinek los dos órdenes político y jurídico, en la vida del Estado y el error de considerar como materia propia del derecho constitucional lo que el doctor Juan A. Ramírez llamaba ''las transformaciones de la Constitución Nacional'' y aplicar a su estudio el criterio que Ferri denomina ''de interpretación por reticencia''.

''Bien que las Constituciones se transformen por la presión de energías sociales, cuyos movimientos buscan ordenar, cuando esa acción disolvente se hace sentir sobre sus puntos de menor resistencia; cierto es que se deforman por el trabajo no siempre lento y regular de la historia; que no son definitivas; que sus prestigios son transitorios y su fuerza reguladora y normativa decrece porque las generaciones que pasan van inscribiendo al margen de las mismas las pequeñas fórmulas que traducen las accidentales derogaciones del sistema. Pero son inmutables en tanto la persistencia de esas derogaciones, la relativa estabilidad del orden extra-constitucional no opone a la fórmula jurídica de la organización constitucional la fórmula política que la historia ha ido forjando por lentas acumulaciones transformadas en un nuevo valor jurídico por acto formal de revisión.''

El valor político que la transgresión de una fórmula jurídica representa, con ser grande, no tiene valor hasta que por una manifestación objetiva de la soberanía no se manifieste la creación de un nuevo orden jurídico.

Desconocer esta verdad, aplicar el criterio interpretativo que considera como materia jurídica las desviaciones constitucionales, es un método peligroso porque justifica — a título de exigencias orgánicas del Estado — todas las violaciones del derecho.

"Es funesto para la democracia, querer penetrar, por la vía de los historiadores, el sentido íntimo de nuestras constituciones. Ellas conciben y realizan un orden jurídico que los predicadores y los videntes de la Revolución, los teóricos primitivos de la República forjaron más para el porvenir que para sus contemporáneos." (1)

Las ideas del nuevo profesor fueron más tarde expuestas detenidamente en las páginas en que fundó — al hacerse cargo de la cátedra de Derecho Constitucional — la necesidad de reformar el programa del doctor Ramírez orientando el estudio de nuestro Derecho Públicc hacia el conocimiento de sus verdaderas fuentes. (2)

Una reforma radical importaba el programa implantado con respecto al de su predecesor. No sólo se incorporan otra vez a la parte de primer año, las teorías relativas a la teoría general del Estado, sino que en el segundo año, se elimina todo el estudio de las instituciones políticas de Inglaterra, Francia, Alemania, Suiza, Bélgica, Italia, y se sustituye por un estudio histórico genético de las instituciones españolas, en el continente y la Colonia.

El punto de vista del doctor Aréchaga puede concretarse en estos postulados:

1.° La Enseñanza histórica es de una imprecisión desconcertante y no realiza la finalidad pedagógica: la determinación de relaciones concretas de causalidad que justifiquen el advenimiento de normas jurídicas y expliquen la evolución de las reglas políticas.

---

(1) *Aréchaga* — « El Poder Ejecutivo y sus Ministros », Montevideo, A. Barreiro y Ramos, editor, 1913, t. I, págs. 11 a 14.

(2) En una nota se puede ser más preciso. El trabajo que hemos mencionado anteriormente es la conferencia inaugural del curso en 1911, publicada por su autor. Ahora nos referimos al informe universitario, acompañando el programa de derecho constitucional vigente.

2.° Las concepciones generales que ese estudio contiene son demasiado vagas. El alumno no puede precisar el particularismo que enumeran y las generalizaciones a que llevan conspiran por una adopción a las veces inconsciente contra la armonía del régimen nacional.

3.° Es inconveniente dedicar la mayor parte del año al estudio de las instituciones sociales y políticas de pueblos que no tienen afinidades esenciales o no han influenciado fundamentalmente nuestro orden constitucional.

4.° Debemos buscar las fuentes primeras de vocación republicana en las instituciones coloniales que conservaron el germen de las viejas libertades en que la España feudal echó las bases del Derecho Público Moderno cuyo proceso es necesario seguirlo en los tres siglos de dominación en América.

Esta posición sumamente interesante en cuanto al estudio del derecho público, es paralela a un movimiento intelectual — acusado por la moderna escuela jurídica argentina, representado por Juan A. García, Carlos Octavio Bunge y otros — que empezó a manifestarse con singular vigor en estos últimos años y que procura alcanzar, por un conocimiento pleno del pasado histórico nacional una explicación más completa del presente.

En lo que se refiere al estudio de las instituciones nacionales la idea había sido expuesta por Luis María Drago en un artículo publicado en el tomo II de la Revista "La Biblioteca" que dirigió Paul Groussac (1). Drago sostenía, adoptando un punto de vista semejante al del doctor J. A. García (hijo) en su Introducción al Derecho Argentino, que "la fuente constitucional no radica para el tratadista americano, como tampoco para los españoles, en la Carta Inglesa. Las libertades locales y la limitación del poder real, las restricciones pecuniarias de los reyes impuestas por las Asambleas Nacionales, la libertad civil consagrada en las instituciones judiciales, el recurso de "Habeas Cor-

(1) *L. M. Drago* — Antecedentes institucionales [in : « La Biblioteca », Buenos Aires, 1896, t. II, págs. 299 a 308].

pus", el amparo de la propiedad privada hasta en los amaños del impuesto, todo este complejo de instituciones, eran patrimonio político de la España del siglo XII".

El programa vigente está impregnado de un sentimiento nacionalista y americanista que el autor afirma en la exposición de motivos y cuyos fundamentos ha desarrollado posteriormente con más detención en un reciente trabajo sobre los "Orígenes hispánicos del derecho en América". (1)

He aquí trazada a grandes rasgos la evolución de las ideas directrices de la cátedra y la exposición sintética de los programas que han regido y orientado la enseñanza de la materia en más de medio siglo que aquella subsiste provechosamente en bien de la cultura universitaria.

Veamos ahora, lo que en nuestra modesta opinión, cabe hacerse.

II

La crisis del Derecho Constitucional

El profesor Posada, en sus conferencias sobre la teoría social y jurídica del Estado, dadas en la Facultad de Derecho de Buenos Aires, refiriéndose a su primer viaje a la República Argentina y a su primer curso en la Universidad de la Plata (1910) sobre el Estado, decía: que entonces "estimaba poseer conceptos fundamentales relativamente definidos, ciertas ideas me parecían claras, y hasta me imaginaba que podría constituir algo que se mantuviera firme, con algunas resistencias frente a la crítica". Y agrega luego que hoy — se refería a 1923 — "la posición es bien distinta: mucho de lo expuesto y sostenido en 1910 deberá ir nuevamente al crisol, para ser refundido o liquidado, ya que todo parece amenazado de destrucción, por obra ya

---

(1) *Justino E. Jiménez de Aréchaga*—**Orígenes hispánicos del derecho en América (Conferencia).**

[in: « Revista del Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay », Montevideo, 1915, tomo IV, N.° 1, pág. 177].

no de una crítica doctrinal sino por la del ambiente y como consecuencia de los rudos y bruscos movimientos que se producen en la vida misma del Estado o de los Estados y en el mundo agitado de la política". (1)

Conservando esa posición filosófica amplia, tendida sobre la realidad, como sobre una "perspectiva indefinida"; sin la amargura frente a la obra propia, que los hechos han superado y envejecido, con optimismo en el esfuerzo digno de un espíritu juvenil, reconociendo que la misión del hombre de estudio en las llamadas ciencias morales y políticas o sociológicas, no puede darse nunca por terminada, y que ha de considerarse siempre dispuesto a rehacer todas sus interpretaciones y a oxigenarse con las corrientes del aire de afuera todas las ideas formuladas y los conceptos adquiridos, agrega que es "la misión de la ciencia política, como resultado de la curiosidad insaciable del espíritu humano, con la ayuda de la reflexión serena e imparcial, rehacer constantemente la interpretación del Estado, extraer de la realidad política ambiente, la materia viva y fecunda de las ideas y de los conceptos, constituyendo su teoria o sea la explicación racional de los estados reales. La operación capital del teórico frente al Estado, no puede consistir en otra cosa que en la interpretación reflexiva de los datos de la realidad que ofrece la vida misma de los Estados". (2)

"Afirmábamos, y afirmamos de nuevo, — decía — la existencia positiva de un desconcierto ideológico y de una profunda agitación real que obliga a una revisión de doctrinas políticas y de los conceptos fundamentales generadores del derecho político. Ahora bien, puede decirse que el choque violento del oleaje que se agita, se produce como en un general asalto contra las premisas, las conclusiones y el entramado del régimen constitucional representativo y liberal".

"Nuevas preocupaciones, obra de transformaciones eco-

---

(1) *Adolfo Posada* -- «Teoría Social y Jurídica del Estado», Buenos Aires, Librería de J. Menéndez, editor, 1922, pág. 27 y siguientes.

(2) *Posada* — Ob. cit., pág. 29.

nómicas y sociales profundas, parecen imponer como una necesidad ideal y práctica nueva explicación del Estado, que habrá de condensarse en una adecuada teoría del mismo. Ni el dogma de la soberanía del pueblo o de la nación, con las instituciones gracias a las cuales se ha pretendido hacer de ese dogma una realidad viva, ni el de la división de los poderes, fórmula estructurada adecuada para hacer efectivo un régimen de libertad, ni todo el sistema del derecho político elaborado para dar fuerza y eficacia a un régimen positivo de garantías jurídicas, se estima ya suficiente para contener en un orden político apropiado la vida social de los pueblos modernos''. (1).

Los párrafos transcritos reflejan con perfecta nitidez el estado de espíritu de un maestro de la ciencia política contemporánea, que después de cuarenta años de enseñanza en la cátedra observa, y no sin dolor, el desplazamiento de la ciencia, la desnaturalización de su contenido.

Espectadores asombrados desde un mundo nuevo que nace de los escombros en que la catástrofe colectiva de la guerra precipitara hombres, cosas e instituciones seculares, tócanos asistir a la agonía de las ideas de un siglo y procuramos recojer el legado eterno para perpetuarlo en la continuación de la obra colectiva.

He aquí porque, fijar la extensión y límites de un programa de derecho constitucional, sea precisamente en las actuales circunstancias empresa sobre manera dificil, si pretendemos conciliar los deberes de una escrupulosa honradez científica, con las exigencias perentorias del momento histórico.

De todas las instituciones que forman el acervo de la civilización occidental el concepto del Estado es el que más ha sufrido. La vasta y sólida construcción social que Taine examinaba en los orígenes de Francia Contemporánea, y declaraba después de un análisis paciente y minucioso capaz de resistir seguro para mucho tiempo, empieza a mostrar en la pared maestra, las grietas que antes que de los años, proceden de la debilidad de los cimientos.

(1) *Posada* — Ob. cit., pág. 45.

En verdad que el espectáculo que nos ofrece la historia, del derecho constitucional — en su amplio sentido — parece alejar la posibilidad de realizar con eficacia una enseñanza de principios seguros y firmes.

La democracia liberal nacida de las ideas generosas de la inmortal Revolución Francesa, en cuya ideología se forjara el espíritu de la América Nueva, empieza a ser sustituída — si ya no lo ha sido totalmente — por otra forma de democracia que funda su destino en el goce momentáneo de todo el contenido material de la vida, y que procurando romper los cuadros de la democracia representativa, extendiendo al mayor número el poder que el sufragio universal ha consagrado, sustituye la fórmula representativa, por un vago gobierno de la multitud, sin responsabilidad y sin limitaciones jurídicas. El principio de la soberanía sobre el cual se apoyara la reivindicación de los derechos populares, piedra angular de la ideología política liberal, no ya de las filas de la reacción monárquica, desde la que los jóvenes ligueros de la Acción Francesa dirijidos por Charles Maurras y León Daudet ejercitan sus golpes, sino de la extrema izquierda, aparece hoy como una mistificación opresora según la ruda expresión lanzada por el pontífice del positivismo, A. Comte en 1855 y las construcciones más realistas del derecho público, tal la vasta síntesis de Duguit, desdeña tomarla en cuenta, considerándola una nada jurídica.

El principio de la separación de los poderes, deducido por Montesquieu de sus estudios de la Constitución Inglesa, postulado primario de la ciencia política de todo el siglo XIX, que ha sido al derecho constitucional lo que el principio de Euclides a la geometría clásica, y sobre el que se construye la más admirable organización política que haya nacido de la inteligencia, la Constitución Americana; no sólo es rectificado en su fórmula absoluta y reducido a una racional división de funciones, fundado en la división esencial del trabajo, sino que es negado como principio; y tipos constitucionales imprevistos—como la organización de los soviets—restauran, cierto es que con desmedro de la libertad, la confusión de los poderes como en las antiguas monarquías absolutas.

El gobierno Parlamentario—producto espontáneo surgido en el proceso de la lucha del Rey y el Parlamento en Inglaterra—hasta adquirir, debido a su formación accidental los caracteres de tipo definido, que parecía conquistar, merced a la adopción realizada en Francia por la tercera República, el sufragio de los pueblos, celosos de la garantía de su libertad, y que, apenas salvada la crisis de la guerra, en que las derogaciones de su fórmula mirábanse como la consecuencia obligada de las circunstancias de hecho terribles y angustiosas, parecía robustecerse al contacto de la nueva democracia; no sólo se le inculpa en Francia la ceguera para prever y la impotencia para organizar, sino que muchos de sus propios partidarios se muestran excépticos respecto a su eficacia. Después de un siglo de experiencias (*trials and errors*), que Henry de Jouvenel resume en la gráfica expresión de que ha sido el arte de ocultar los resultados bajo los principios (1) y para Butter Austin significan en realidad el gobierno de la cantidad más bien que de la calidad, se llega en la desesperanza de sus fórmulas hasta el delirio de soñar con el imperio de una dictadura, ya nazca de un partido férreamente organizado como en Rusia, ya de la voluntad casi omnímoda de un dux.

Pero hay más. Las transformaciones que en la organización política se anunciaban en la teoría, empiezan a cumplirse en la práctica. Después de la gran guerra de 1914, las democracias occidentales de Europa — bajo la presión de las fuerzas que los acontecimientos han agitado — tienden a realizar modificaciones profundas en su sistema de gobierno. Victoriosos y vencidos, terminado el sangriento episodio, vuelven a restaurar la ciudad destruida. Inglaterra país conservador por excelencia, adopta por la "Representatión of the people act" del 6 de febrero de 1918 el sufragio universal de hombres y mujeres. El viejo imperio de los días de Disraeli tiende a aproximarse en su organización a un vasto estado federal, afirmando las autonomías de los *Dominions.*

(1) *Goicoechea* — «La Crisis del Constitucionalismo Moderno», Madrid, MCMXXV, pág 27.

La Alemania autocrática, conviértese en una república socialista y la Italia liberal de Cavour y de Mazzini — después de un período anárquico — crea un régimen especialísimo bajo el imperio de una dictadura civil.

"Mis principios — dice el Dux imperioso — son la antítesis de los de 1789. A la igualdad oponemos la gerarquía, a la libertad la disciplina, a la fraternidad la devoción de los destinos de la patria". Y mientras por una parte se predica un nacionalismo orgulloso de un pasado expléndido y se habla de la formación de un tipo nuevo de Estado a cuyo servicio se pone la abnegación del individuo; se establece una ley de asociaciones sindicales creando las corporaciones del trabajo controladas por el Estado y parece volverse parcialmente, más que al sindicalismo modernista a la agrupación cooperativa medioeval. (1)

En Rusia — despertada de su sueño letárgico — irrumpe la democracia con la más formidable y sangrienta revolución. Una minoría disciplinada — crea un régimen de despotismo económico — la dictadura del proletariado, en que la negación del principio de la separación de los poderes se concilia con una aplicación tenaz de las ideas de Marx y el desconocimiento de los derechos del hombre y del ciudadano, que la Revolución Francesa impuso como esencial fundamento del régimen democrático de gobierno, en los pueblos libres.

¿Cuál debe ser pues, frente a la crisis por que atraviesa la ciencia del derecho constitucional contemporáneo, la actitud del profesor, que no quiera ni imponer dogmas caducos, ni fórmulas que han completado su ciclo histórico, ni tampoco convertirse en el eco más o menos vivaz de la última teoría que nace por especulación de un interés momentáneo, o de la reacción inevitable de las fuerzas sociales, en su progresivo desplazamiento?

Las ciencias noológicas o morales que abrazan la generalidad de las manifestaciones de la vida del hombre en sociedad (*Geitswissenchaft* de los alemanes) ofrecen seguramente esta

---

(1) *Juan B. Terán* — « El retorno a la Edad Media » [in « La Prensa », Buenos Aires, Agosto 22 de 1926].

falta de precisión en cuanto a la posibilidad de enseñar un número preciso de verdades, de leyes, como es posible alcanzarlo en el campo de las ciencias físicas (*Naturwissenchaft*).

La crisis a que nos hemos referido no hace más que agudizar la realidad de un problema que nace en gran parte de la naturaleza de la ciencia en sí misma.

El hecho es bien claro. Existe como dice Jellinek (1) una diferencia esencial entre las relaciones naturales y las relaciones sociales: en el mundo natural, las leyes generales se manifiestan de tal manera, que cada una de esas relaciones puede ser considerada como representando exactamente una categoría de hechos.

En el campo de los hechos históricos — en que el derecho se mueve y se construye — la situación es muy distinta. La variedad infinita de los mismos, llevada a los más finos matices, hace difícil su percepción para aislarlos, estableciendo las separaciones y grupos, que permitirían individualizar las categorías. La complejidad de la repercusión social que informa todo fenómeno contribuye a desnaturalizar la eficacia de la observación.

Estas dificultades de la técnica no excluyen la posibilidad de alcanzar el dominio de una verdad parcial, en función de los hechos conocidos.

Es ante todo un problema de metodología científica. (2)

Debemos conocer previamente el instrumento de que nos vamos a servir.

Estudiemos pues los métodos del Derecho Público en vista de su posible aplicación en la cátedra.

---

(1) *Jellinek* — «L'Etat Moderne et son Droit», París, V. Giard é Brien, 1911, t. I, pág. 41.

(2) *Ignace Tambauer*—«Le principe organique de la Constitution Politique» [in: «Revue de Droit Publique», París, 1907, t. I, págs. 211 a 227].

III

El método sociológico

El desenvolvimiento extraordinario alcanzado por las ciencias biológicas en el siglo XIX, los maravillosos resultados de su técnica y la eficacia de sus métodos han creado la ilusión de poder trasplantar a otros campos de la investigación sus particulares recursos.

La ciencia sociológica, a la que el genio de Comte prestara junto con el doble nombre griego y latino con que se decora, espacio reservado a su esfuerzo, colocándola en la cumbre de la gerarquía de las ciencias fundamentales, tendía, por las condiciones en que había surgido, a utilizar una técnica impregnada del procedimiento propio de las ciencias naturales.

"Si la sociedad y los fenómenos sociales están regidos por leyes como las otras categorías de fenómenos, sus procedimientos no serán otros que los de las ciencias positivas". (1). Es este el punto de partida que aceptan Worms, de Roberty, Letourneau, de Greef y Spencer. Para Stuart Mill estos métodos deben de ser los de la ciencia en general (2).

Para Worms (3) lo que caracteriza el método de las ciencias sociales particulares "es el ser esencialmente inductivo. Parte de la constatación de los hechos para elevarse al desenvolvimiento de las leyes".

Durkeim en su conocido libro sobre las "Règles de la Méthode Sociologique" procura precisar "las reglas relativas a la observación de los hechos sociales". Los hechos sociales,

---

(1) *M. Deslandres* — «La crise de la Science Politique», «Revue de Droit Public», 1900, t. I, pág. 256.

(2) *Stuart Mill* al estudiar el problema de la lógica en las Ciencias Morales, decía que «esta parte de su obra estaba ya en los cinco libros precedentes»; puesto que «los métodos de investigación aplicables a las ciencias morales y sociales deben haber sido ya escritos si he tenido éxito, ai caracterizar los de la ciencia en general». «Systhème de Logique» (sixième edition), t. II, pág. 417.

(3) *René Worms* — «La Sociologie. La Nature, son contenu, ses attaches», París, Giard y Cie., 1921, pág. 97.

deben ser observados "como cosas", agruparse "por sus caracteres externos y ser considerados lo más objetivamente posible". Y al establecer las reglas relativas a "la administración de la prueba", admite como método de prueba en la sociología "el método comparativo o experimentación indirecta" y agrega que "el método de las variaciones concomitantes es el instrumento por excelencia de la investigación sociológica".

Como se ve, el método preconizado por la sociología es el método positivo, rigurosamente seguido.

Puede señalarse todavía, en la aplicación estricta del método positivo a la sociología, esta tendencia más o menos acentuada en los autores, a transportar al campo de esta ciencia los procedimientos de las naturales y biológicas, acaso no sólo por el hecho de reducir la sociología a una ciencia de observación e inducción, sino alentados por los resultados admirables que el progreso de aquellas ha permitido alcanzar con tales métodos o llevados por la especialidad de la propia vocación.

Spencer — como lo hace notar Deslandres (1), calca su sociología sobre el plan mismo de la fisiología y en cuanto a Espinas en «Las Sociedades Animales», no se sabe en cuál de los dos grupos de ciencias naturales o sociales, debe ser incluído.

No entraremos a considerar si el método sociológico ha sido aplicado estrictamente por Comte — según Greef lo niega — afirmando que su error proviene de haber renunciado a los procedimientos inductivos; o si Spencer al limitar sus observaciones sobre las razas primitivas, sobre hechos y datos no controlados de viajeros, restrinje el campo de la investigación, llegando a conclusiones arbitrarias; o si Tarde — cuyo vasto saber y eminente espíritu, templado en el conocimiento vario y prodigioso de ciencias diversas, ha sabido establecer debidamente los hechos particulares o se ha dejado llevar a vistas generales sin establecer un sistema científico preciso — menos todavía entraremos a discutir lo que es la sociedad, el hecho social, la ley del progreso, etc., para señalar la diversidad de puntos de vis-

(1) *Deslandres* — Obra citada, pág. 260.

ta en que se colocan los sociólogos llevando al espíritu cierto excepticismo respecto a la solución científica de sus problemas.

Limitarémonos sólo a considerar si es posible la aplicación del método sociológico al dominio político.

L. Duguit ha hecho una aplicación estricta de este método al derecho constitucional.

"Como estudio científico, yo defino el derecho constitucional: el estudio sistemático de los hechos relativos al origen del Estado, su desarrollo en las sociedades antiguas y su forma en las sociedades contemporáneas, con el objeto de determinar su organización en las sociedades futuras".

Observar y comprobar hechos, determinar las relaciones fijas que los unen en su orden sucesivo y de coexistencia, tratar de prever los venideros, tal es en su concepto el sistema. (1)

Precisa luego Duguit el carácter del método "a priori" que él llama metafísico, en su aplicación al derecho, y que partiendo de los postulados de derecho natural después de alcanzar con Rousseau su representación genial, llega en sus postreras manifestaciones hasta nuestro días.

Para Duguit el derecho constitucional es una ciencia toda entera de observación: examina los hechos y busca determinar sus relaciones constantes, es decir leyes. Los hechos sociales como la formación del Estado, sus diferentes formas, la condición del individuo etc., son otros tantos fenómenos sometidos a un determinismo social, como los hechos físicos a un determinismo físico y los hechos biológicos a un determinismo biológico. (2)

La existencia de la Sociología como ciencia, es indiscu-

---

(1) Según esta escuela, el Estado no tiene su individualidad aparente y sus caracteres particulares de organismo destinado a integrar la organización jurídica y política. Se confunde con los diferentes elementos de la realidad social. El elemento jurídico mismo, que es al Estado lo que la persona física es al principio vital, se convierte en un capítulo de la sociología, y no puede ser estudiado más que con los métodos de la sociología.

Tambauer — Obra citada, pág. 210.

(2) *L. Duguit* — « Le Droit Constitutionnel et la Sociologie » [in: «Revue Internationale de l'Enseignement», 1889, t. II, p. 485.

tible para Duguit. No acepta las observaciones que la niegan: ya las de Van der Res sosteniendo que no es nueva, ya se afirme que no puede admitirse como ciencia positiva porque las supuestas relaciones de los hechos sociales no existen, ya se haga la objeción del gran hombre que cambia el curso normal de las cosas e imprime al cuerpo social una dirección imprevista ...

Más si la sociología es una ciencia de observación y el derecho constitucional es una parte — que estudia determinada categoría de fenómenos sociales — y el mundo social está encadenado por un determinismo fatal, ¿el hombre es sin acción sobre los hechos y la obra del legislador está sometida a la impotencia desde que sólo se limita a sancionar lo existente?

Duguit que admite la existencia de la política como un arte correspondiente a la ciencia del derecho constitucional — y que afirma que no hay una forma política buena o mala en sí, si no según las relaciones sociales, reconociendo la fuerza del argumento sostiene que ese proceso de evolución puede ser acelerado o retardado por la intervención de la voluntad.

Sintetizando su pensamiento, el plan y espíritu de un curso de derecho constitucional consistiría: "en rechazar todos los principios "a priori", observar los fenómenos sociales, estudiar las instituciones políticas de los diversos países convencido que ninguno es bueno o malo en si mismo; ensayar, formular las relaciones de hechos, es decir las leyes de sucesión y coexistencia y en fin con ayuda de estas leyes prever el porvenir de las sociedades contemporáneas. (1)

Desde luego la principal dificultad del método sociológico estriba en la imposibilidad intrínseca de asimilar los procedimientos de inducción y generalización en el dominio de dos ciencias diversas — las físico-naturales y la sociología — existiendo una diferencia radical, de esencia, en los fenómenos objeto de la observación.

---

(1) *Duguit* — **Obra citada, pág. 505.**

Los fenómenos físicos o naturales no varían ni cambian intrínsecamente. La experimentación obtenida, vale para todos los casos, realizados en igualdad de condiciones.

No así en el dominio de la realidad social en que se mueve lo político. Los hechos al parecer idénticos no se reproducen exactamente. La reacción particular e imprevista provoca una modificación que trastorna la regularidad del principio de causalidad. Es la individualidad irreductible, en que se acusa la vida, lo que escapa a la previsión y al análisis. El mundo físico aún circunscripto a sus fragmentos imponderables es susceptible de admitir una unidad de evolución. Los hechos naturales pueden ser reducidos a una unidad de fuerza, — dice Jellinek, — (1); pero en la sociedad, es imposible encontrar la igualdad necesaria en los individuos — diferentes entre sí al infinito — para establecer la unidad ponderable y preveer las reacciones sensibles.

Esta primera dificultad del método sociológico no es sin embargo la única.

El derecho constitucional, no es una mera ciencia de observación y clasificación de la estructura jurídica de los pueblos, ni una especie de vasto herbario, en que la curiosidad enfermiza del observador se complaciera en ir disecando las varias modalidades orgánicas de las instituciones jurídicas de las sociedades. ¿A qué objetivo práctico respondería? No, la ciencia tiene un fin vital que es el fermento de su gestación. Las instituciones políticas de los estados han surgido para llenar una finalidad y por consiguiente corresponde realizar su examen en vista de esos fines, verificando si en el perpetuo devenir vital, continúan respondiendo a las necesidades primordiales de su creación y en que sentido es conveniente dirigir sus transformaciones o crear nuevas formas adaptables a las exigencias cambiantes de la historia.

Duguit en su estudio ya citado sobre "Le Droit Consti-

(1) *Jellinek* — « L'Etat Moderne et son Droit », t. I, p. 43.

tutionnel et la Sociologie" (1) al definirlo como el estudio sistemático de los hechos relativos al origen del Estado, a su desarrollo en las sociedades antiguas y a su forma en las sociedades contemporáneas dice que tiene por objeto "determinar su organización en las sociedades futuras". Para el tratadista francés el fin que las instituciones realizan debe ser tenido en cuenta.

¡Cuan imprecisas resultan sin embargo las respuestas que el método sociológico nos ofrece respecto de la orientación de las instituciones en el futuro, no sólo por la vaguedad del balbuceo con que pretende acallar las solicitudes que lo apremian, sino sobre todo por la impotencia para señalar el ideal que corresponde realizar!

Vuelta hacia el pasado, de donde llega el impulso en que se despliega la vida, la sociología tiene que recurrir al testimonio de la historia y aceptar bajo su palabra los hechos que aquella declara. Pero en la infinidad de la serie, sólo algunos elementos de la vasta y progresiva ecuación pueden darse como científicamente conocidos. El resto permanece sumerjido en la sombra. Los casos actuales, mismos, tan ricos y tan varios, envuelven al experimentador en la red sutilísima de sus simpatías o diferencias, o le abruman en su multiplicidad infinita. ¿Dónde encontrar el observador imparcial, el sereno espectador, ageno a las vibraciones colectivas, capaz de registrar extraño a la emoción, al odio, a la pasión, al interés, a la ternura, la complejidad de los fenómenos sociales, en que cuya malla se desdobla como el hilo impalpable de seda en el telar, nuestra propia existencia que se incorpora casi de un modo imprevisto a la fugaz realidad que contemplamos y construímos? Y si aún es dable alcanzar de la verdad así entrevista una visión parcial, ¿puede tener eficacia como formación o disciplina directriz, una ciencia que limita su campo a la sóla clasificación de los hechos, a la observación exclusiva y estricta, y que a las interrogaciones que vienen del fondo del espíritu y a los clamores de la huma-

(1) *Duguit* — Obra citada. « Revue International de l'Enseignement », 1889, tomo XVIII, pág. 501.

nidad convulsionada por las angustias seculares que palpitan en sus entrañas, sólo se limita a insinuar vagas generalizaciones sobre el presente y el silencio respecto al porvenir, condenada a señalar todos los rumbos del horizonte, cuando la fatigada caravana de los pueblos, hambrientos de libertad y de justicia, busca en las sombras, el camino de la eterna y penosa ascensión?

Quedaría por último como argumento contra el método sociológico el punto de vista de B. Crocce, que niega el valor de la Sociología como ciencia independiente. Para el filósofo italiano "la Sociología no puede encontrar lugar entre las ciencias filosóficas, porque no representa un momento original del espíritu humano, y no alcanza a conceptos últimos, rigurosos y necesarios". (Véase: "La Revista de Derecho, Jurisprudencia y Administración 1922 t. XXVII, pág. 515).

IV

Método jurídico

La escuela moderna de derecho público alemán, ha impuesto debido al prestigio de sus grandes maestros, el método jurídico. Desde mediados del siglo XIX hasta la época actual, domina triunfante en la ciencia jurídica de Alemania, y en Francia mismo, creadora de una doctrina propia, la infiltración se ha producido lentamente.

El fundador del método jurídico puede considerarse Gerber (1). Pero todos los grandes tratadistas lo han aplicado con estricta rigurosidad: Bluntschli, Laband, Meyer, Jellinek. Basta hojear cualquiera de los grandes tratados que ha producido la ciencia del Derecho para verificar la exactitud, la

---

(1) El año 1865 apareció la primera edición de la preciosa obra de *Gerber*, «Grundzüge eines Systems des deutschen Staatrecht» (Fundamento de un Sistema de Derecho Político alemán)... En el prólogo exponía el autor su propósito, que era el de «investigar y exponer el Derecho Político desde un punto de vista exclusivamente jurídico». Véase in: «Teoría General del Estado», por *G. Jellinek* (Traducción española), prólogo de Fernando de los Ríos Urruti, IX a XV.

justeza con que los principios esenciales del método han sido llevados a la práctica.

El triunfo del método jurídico tiene su explicación, de una parte en el carácter del método, (valor asignado a la razón, influencia de la lógica), que constituye una disciplina fácilmente adaptable a la mentalidad particular y al genio de la raza tudesca; luego a circunstancias accidentales, que el proceso histórico explica: autoridad alcanzada por los juristas alemanes, seguridad, firmeza y solidez de las teorías, exigencia, ante el desarrollo de las funciones cada día crecientes del Estado, de encerrar el poder público dentro del derecho.

¿En que consiste ante todo, la naturaleza del método jurídico?

Frente al sistema constitucional de un pueblo el jurista debe de proceder a estudiar las relaciones que constituyen el derecho público, estableciendo luego su naturaleza jurídica, para remontarse a determinar los principios generales a los cuales están subordinados y desenvolver por un proceso de inferencia las consecuencias que de ellas fluyen.

Laband, en su "Das Staatsrecht des deutschen Reiches", al definir el sistema jurídico que acabamos de señalar, indica como elementos de guía en esta investigación "la lógica" y "la razón pura". Esta posición reposa sobre un concepto de órden metafísico: la creencia de que hay conceptos jurídicos generales, categorías abstractas, a las cuales es posible reducir la variedad infinita de las organizaciones existentes.

Lógica, razón pura!... He aquí dos buenas circunstancias para favorecer su desenvolvimiento en el seno de una cultura como la germánica toda impregnada de metafísica. De aquí la universidad que comportan sus conclusiones.

En Francia el método jurídico ha contado con propagadores del mérito de F. Larnaude (1), aún cuando no pueda afirmarse que practica exclusivamente este método.

---

(1) *F. Larnaude* — « Preface XXI á la traducción francesa del Droit Publique de l'Empire Allemand », por *Laband*. *Larnaude* acepta el método jurídico, porque considera que sólo la regla jurídica puede dar una envoltura sólida al cuerpo inconsistente de los intereses y de las fuerzas, pero no se muestra tan convencido de la universalidad y lógica de los principios generales que parecerían ser de todas las tierras y lugares.

Ya en la "Revue de Droit Public et de la Science Politique", en su artículo programa decía en 1894: "es deseable que la idea del derecho, que la forma del derecho, que los procedimientos del derecho penetren diariamente las materias constitucionales, administrativas, internacionales". (1)

Toda una moderna escuela jurídica, en la cual pueden citarse los nombres de: Saripolos, Combothecra, Michoud, Carré de Malberg, han seguido en grado diverso, el mismo principio metodológico.

El profesor F. Larnaude fundador de la cátedra de Derecho Público en la Facultad de Derecho de París, ha sintetizado en los siguientes párrafos, la naturaleza del método.

"Este método compuesto a la vez de inducción y deducción, consiste esencialmente en buscar en las constituciones, en los Códigos, en las leyes, y también en las decisiones judiciales, y todavía en la práctica, la cual sabe crear también lo que llamaría el *droit a côté,* en una palabra en todas las manifestaciones de la vida jurídica, en todos los fenómenos jurídicos, las reglas esenciales que todas estas manifestaciones suponen, y que nosotros los juristas llamamos los principios. Es el papel de la inducción".

"Y una vez encontrados estos principios, desprendidos, para los innumerables casos que no han sido previstos, que no han podido serlo, para las hipótesis sin cesar diversificadas que surgen de la vida, esta gran creadora, se sacan las consecuencias, aplicando la regla contenida en el principio. He aquí la deducción". (2)

Nada más claro que el procedimiento jurídico, nada más sencillo que su aplicación.

Investigación de los principios, luego por inferencia, deducción de las reglas jurídicas que aquellas entrañan.

El mundo del derecho no es el campo de las cosas concretas. Las reglas jurídicas no existen como sustancia real en si mismas, pero no quiere decir que no posean una realidad de orden trascendente y en cierto sentido positiva también.

---

(1) « Revue de Droit Public et de la Science Política », París, 1894, t. I, p. 3.
(2) « Les Méthodes Juridiques », págs. 21 a 22.

Así como en las creaciones del Arte — si puede contestarse que en el mundo de la acción no existe un personaje que se llame Hamlet o don Quijote — para el mundo de la estética no es posible destruir la conciencia de esta realidad; en el campo jurídico no es posible tampoco negar la existencia de sus reglas, aunque al constatarlas sólo veamos una serie de procesos psicológicos, o sociales, pero no una substancia concreta.

El mundo jurídico es un mundo de abstracciones pero no de ficciones (1). Roger Bonnard (2) reconoce a la abstracción un papel capital y muy fecundo en la ciencia del derecho.

El punto capital es la fijación de los principios. ¿Pero cuales son?, ¿donde se encuentran?

El jurista debe descubrirlos no en el campo de la especulación, sino arrancarlos de la vida misma a la cual están incorporados. Si la abstracción es el instrumento lógico que utiliza para ese descubrimiento, no es de la abstracción que proceden, sino de la verdad multiforme de los casos que la vida jurídica nos ofrece. El jurista debe empezar por estudiar los hechos, compararlos, observarlos, establecer el principio dominante que los rige, encontrar la ley de causalidad que domina la materia. Esos principios debe buscarlos en los actos jurídicos: constituciones, estatutos, cartas, leyes, decisiones, expresión de las ideas generales que han sido supuestas para realizarlos. Este análisis minucioso e inteligente de la realidad debe constituir la condición previa del método jurídico. El es el punto de partida indispensable, el que vincula la especulación con la realidad, el que mantiene la relación constante entre la obra de construcción abstracta que constituye el substratun del derecho, y la corriente de la vida, a cuyo impulso se han ido elaborando las formas jurídicas, encerrando cada una de ellas un principio porque está de acuerdo con la consecuencia vital.

---

(1) *Jellinek* — « L'Etat Moderne et son Droit », París, t. I, p. 88.

(2) *Roger Bonnard*— «La conception juridique de l'Etat ». [in : « Revue de Droit Public », París, t. XXXIX, p. 6].

Fijada así la norma, corresponde entrar en el segundo momento, el proceso de inferencia. El jurista posee ya en el principio un instrumento que no tiene más que manejar para llevar hasta sus últimos extremos las consecuencias lógicas. La escuela alemana fiel al espíritu de orden, constancia y disciplina de la raza ha hecho una aplicación severa y rigurosa, sin vacilar ante la contradicción que le oponen los hechos mismos, llegando algunos como esos "outranciers" del método jurídico, que según Larnaude continúan sosteniendo que en Inglaterra el rey es el verdadero depositario del poder del Estado.

Conviene sin embargo prevenirse contra esta aplicación peligrosa y extrema de la lógica abstracta.

Es necesario no perder de vista esa realidad que se interroga. El derecho no es un elemento matemático, sino una forma, cuyo contenido vital o relaciones sociales es lo que constituye el objeto de su protección. Es el fin que informa el derecho lo que ha de ser tenido en cuenta para atenuar las consecuencias del desdoblamiento lógico, porque como lo ha dicho Ihering, no son los hechos que deben de seguir el Derecho, sino éste, a los hechos, vale decir, la Vida.

Pero el manejo de éste método ofrece también ciertas deficiencias cuando se transporta al campo de la ciencia política, que no deben perderse de vista, si es que se desea no malograr el fruto de la investigación.

La primera, consiste en admitir como un postulado de la ciencia que las instituciones jurídicas de los pueblos son el resultado de una aplicación estricta de la lógica, en aceptar como existentes en la realidad categorías abstractas, a la manera de ideas platónicas a las cuales inflexiblemente habría que llegar amoldando la realidad al desarrollo de su construcción.

La historia de los pueblos, el examen atento de los hechos nos permitirán moderar los excesos a que podríamos parecer inclinados a caer, si no se impusieran a tiempo las rec-

(1) «Les Méthodes Juridiques», París, 1911, p 42.

tificaciones correspondientes. Tomemos por ejemplo el caso del problema de las formas del Estado y en él, el del Estado federal. El estado federal es una creación de orden político, es un estado cuya formación no ha obedecido a un propósito de realizar un tipo o una categoría lógica, sino que es el producto espontáneo de una serie de factores de hecho que han determinado su formación. La política interna de los Estados de la Confederación Americana y las complicaciones de la situación internacional, el patriotismo de los próceres de Fidadelfia y la propaganda de "El Federalista", la tradición histórica de las Colonias, y el sentimiento de la libertad, he aquí una serie de factores que han determinado la creación de un estado sui generis que rompe con los moldes existentes en que se había forjado el cuadro clásico del Estado en el siglo XVIII.

La formación de la Constitución Inglesa—realizada sin modificar los pactos fundamentales del reino, por una conciliación admirable, en que los principios esenciales han venido consolidándose sin perjudicar la unidad, la fuerza y la armonía, ponen de relieve una vez más, como la pretendida lógica de las instituciones no se produce en las sociedades y en que sentido profundo y soberanamente creador el individuo, influye dirigiendo desde la encrucijada de la vida, la ascensión creadora de la evolución universal, en el campo de la historia (1).

Nó. Las Constituciones no son la obra de la razón pura, las instituciones jurídicas de los pueblos no son el producto, ni el fruto de la lógica; ellas no han surgido, como la Minerva aptera de la frente de Júpiter, resplandeciente de todas sus armas, sino que nacen de la acción lenta y profunda de la historia que opera por transformaciones sucesivas o de las crisis revolucionarias, que se imponen por bruscas sacudidas y crean de pronto los problemas acelerando el ritmo de la vida y precipitando los sucesos.

(1) Recuérdese a este respecto como la ignorancia de la lengua inglesa por Jorge I, le llevó a apartarse de los consejos del Gabinete, y cómo este hecho fortuito e individual influyó en el sentido de hacer de aquel cuerpo una institución con funciones propias. Véase *Félix Moreau*, « Le Pouvoir Ministériel ». [in : « Revue de Droit Public», 1897, t. I, pág. 94].

Si las Constituciones fueran la obra de la razón abstracta como lo sostienen los teóricos del dogmatismo jurídico, ¿cómo podría explicarse la transformación de nuestro régimen constitucional en 1927, dejando de lado, todos los acontecimientos políticos, los hechos históricos que determinaron esa formación particular y sui géneris de los poderes, cuyo modelo no se asemeja a los otros tipos democráticos existentes?

¿Fué fruto de la lógica el instrumento político — que a raíz de la guerra del 70 — se llamaba Constitución del Imperio Alemán, recortada según las palabras del ex Emperador, para las botas granaderas de Bismark?

No. La lógica no reina en las instituciones, aún que pueda tener y deba asignársele una función que es de desear sea cada día más amplia en el proceso de la formulación del Derecho.

El orden social existente proviene de un equilibrio de fuerzas, que se produce en el campo de los hechos por una lucha espontánea, y sobre el cual sólo en reducida parte puede aquélla tener influencia. El advenimiento y triunfo del derecho, vale decir del método, del orden, de la pura razón, es una de las fuerzas que actúa en la conciencia social, pero no es exclusiva, ni absoluta.

Si es de desear que en el proceso de la organización de un pueblo, corresponda al dogmatismo jurídico una parte importante, rectificando el equilibrio mecánico de las fuerzas sociales que lo engendran, no podría entregarse a su sola dirección sin peligro de una falsa orientación, la obra constituyente de un pueblo.

La "República" de Platón es un modelo aproximado de lo que pueden ser estas construcciones ideológicas, cimentadas en la especulación abstracta. Un instrumento constitucional, modelado exclusivamente sobre las fórmulas jurídicas puede ser un instrumento perfecto de gobierno en una república constituída de entes de razón, de individualidades puramente espirituales. Pero habría gran riesgo en que una orientación exclusivamente abstracta, desconociera las fuerzas reales, la

modalidad, hábitos, costumbres, exigencias que impone la vida de cada nacionalidad, pues creado el conflicto, entre la fórmula jurídica y la realidad positiva, el desconocimiento de ésta — no obstante estar consagrado el principio en la Constitución — traería como consecuencia el desequilibrio fatal. El despotismo de la razón o la anarquía revolucionaria, he aquí los términos angustiosos del dilema, que para ejemplarizarlo con los hechos, nos bastará recordar la perturbación determinada por la ideología marxista, en la crisis política de Rusia.

El dogmatismo jurídico, es peligroso como sistema y no posee la fuerza educadora que sería deseable para formar el espíritu de la juventud en el contacto de la vida y en el sentido humano de la cultura.

La tendencia a la unilateralidad que es característico del período de formación intelectual se exagera e hipertrofia con la aplicación de un método que dá la sensación de la fuerza una vez alcanzados los principios. Se forman espíritus falsos, mentalidades talladas en un solo bisel, modalidades de teóricos irreductibles, absolutistas de un principismo que encuentra su fuerza en la pura abstracción especulativa, pero que al mismo tiempo resulta incapaz para adaptarse a las exigencias de los tiempos nuevos. Desarmada la ciencia frente a la vida, confrontando sólo las fórmulas vigentes y las relaciones pre establecida, el método jurídico es excelente para razonar y justificar lo existente, poco eficaz para explicarnos el pasado e inadecuado instrumento para avanzar sobre el porvenir.

V

El método comparado

Se ha puesto bajo la alta autoridad de Montesquieu la aplicación de este método. Es verdad que el libro admirable de *L'Esprit des lois* importa un estudio comparado y profun-

do de las instituciones jurídicas de los pueblos. Viajes, narraciones, historia, geografía, todos los tesoros del saber universal vierten en él su caudal abundante del que su genio extrae profundas lecciones de filosofía política. Pero la labor emprendida por Montesquieu no ha sido llevada adelante con el propósito de encontrar un método de conocimiento, ni provocar la reforma del régimen jurídico existente en Francia Su objeto es hacer una obra de ciencia pura, dar una respuesta explicando el progreso de las formas políticas de los estados.

Tocqueville revelando a Francia en sus cuadros admirables la grandeza de la democracia americana; Laboulaye preconizando bajo la República desde su cátedra del Colegio de Francia o en sus estudios constitucionales, la concepción americana de la política y de la democracia; Le Play señalando el modelo inglés en su "Reforma Social", pueden mirarse en grado diverso como los precursores científicos de un método que nos ofrece bastante puntos de contacto con el sociológico.

En efecto. Este sistema tiene su punto de partida en un postulado de sociología: el reconocimiento de la ley de evolución, y de un proceso de transformación análogo por el que pasan todas las sociedades humanas, en momentos diversos de su historia. Si tal cosa ocurre, es decir, si todos los pueblos atraviesan por grados semejantes en su evolución, el procedimiento comparativo, queda perfectamente justificado. Sólo se hace necesario la observación científica, abstracta, universal, del curso de la historia de los países, no ya sólo siguiendo el ejemplo de los prósperos, como quería Le Play; para librar la comparación, de lo arbitrario personal que podría tener y fundarla ampliamente en los hechos sobre un criterio objetivo, científico.

El número de sociedades dedicadas al estudio del derecho comparado, los trabajos que en ese sentido se publican, la obra de aproximación de los estados, en forma de ligas internacionales y como consecuencia la adopción de instituciones similares, indican bien claramente el prestigio de que goza. Sin embargo es de data casi reciente. Bien puede decirse con

Kohler que constituye: un producto de las ciencias jurídicas modernas.

La reunión del "Congreso de Derecho I. Comparado", con motivo de la Exposición de París de 1900, puede señalarse como el momento de su consagración.

El método comparado ha tenido en Francia últimamente dos representantes notabilísimos, bien que en cada uno el sistema acuse una orientación particular.

Lambert procura hacer surgir, "el fondo común de las instituciones y las concepciones que en ellas laten" y buscar el conjunto semejante de principios para constituir así "el derecho común legislativo". Borrando las diversidades accidentales que existen en los pueblos de igual civilización, que son debidas a las particularidades de la formación histórica, procura reunir en un todo unificado, la construcción jurídica fundamental, cuyo dato revelador lo constituye la cantidad de pueblos en los cuales es posible encontrar ese fondo común de instituciones análogas. (1)

Puede considerarse a Saleilles el fundador de este método y el más brillante de sus propulsores. En 1900, con motivo de la celebración de la Exposición de París, concibió la idea de reunir en un Congreso Internacional, los juristas y sociólogos más eminentes de Europa a fin de dar "la fórmula precisa y la dirección de que tenía necesidad". Saleilles tomó una parte importantísima redactando cuatro informes. Uno de ellos "Conception et objet de la science du droit comparé", contiene sus ideas capitales.

Distingue tres órdenes de estudios que emplean el método comparativo, pero con fines diferentes: la sociología, la historia comparativa de las instituciones y el derecho comparado.

La sociología encara el derecho comparado como uno de los dominios de su investigación. La historia comparativa de las instituciones de los pueblos de igual civilización está más próxima, pero es sólo una faz del derecho comparado. No lo constituye tampoco el estudio del derecho extranjero. Es el

(1) *Deslandres*—Obra citada. «Revue de Droit Public», 1901, t. II, págs. 58 a 59.

derecho vivo, el derecho en la práctica, no el "mecanismo en reposo" lo que es menester estudiar. (1) Esto en cuanto al objeto. En cuanto al fin del derecho comparado: busca definir el tipo ideal relativo que se desprende de la aproximación de las legislaciones, su funcionamiento y sus resultados para una institución determinada. (2)

La aplicación del método comparado ha representado algunos progresos para la ciencia del derecho público.

El profesor Larnaude que considera el método histórico y el método comparado, como dos procesos diversos, establece que fundándose en la observación pueden ser comprendidos en el método a *posteriori* desde que implican como procedimiento lógico la observación y la inducción. Reconoce su utilidad indiscutible para determinar *"los tipos de instituciones"*.

Estas tienen por objeto llenar determinados fines, satisfacer las necesidades y exigencias de la vida social, organizada en la forma jurídica del Estado. No obstante la unidad en cuanto al objeto, las legislaciones nos ofrecen una gran variedad de formas cuya explicación sólo puede encontrarse en las tradiciones, raza, temperamento nacional, medio geográfico, etc. (3)

La aplicación estricta de este método permite realizar una obra científica determinando los tipos de las instituciones existentes, y descubriendo las leyes científicas de su desarrollo. A este respecto cita en su apoyo la opinión de Croisset, quien en su libro sobre "Les democraties antiques" afirma la existencia de la ley de las transformaciones políticas "tan rigurosa y tan cierta como la ley del crecimiento y declinación para un ser vivo".

Larnaude afirma la existencia de ciertas leyes que es posible comprobar por el estudio comparado de las formas de gobierno, tales como: *la ley de permanencia de los órganos y servicios del Estado, la ley de su profesionalización, la ley*

(1) *Capitant*—«L'œuvre juridique» de Raymond Saleilles.—Paris, Arthur Rousseu, 1914, págs 80 a 87.

(2) *Capitant* — Obra citada, p. 89.

(3) « Les Méthodes Juridiques », París, 1911, p. 45.

de acrecimiento de las funciones del Estado, la ley de diferenciación jurídica o de la especialidad legislativa.

En el "Rapport" presentado por Larnaude al Congreso Internacional de Derecho Comparado de 1900 (1), analizando el método comparado y su aplicación al derecho público indicaba los procedimientos a seguirse.

"El más científico es aquel en el cual se extrae de la comparación entre las legislaciones diversas que se estudian sobre un punto dado, la ley que parece desprenderse de la solución acordada a tal cuestión de derecho público".

"Así comprendido el derecho comparado no es más propiamente hablando derecho público, él llega a ser filosofía del derecho público, tomado del lado de la observación y de la experiencia o de la sociología".

Reconoce que existe otra forma de utilizar las enseñanzas de la legislación comparada, en materia de derecho público.

"Siendo dada una institución, el gobierno local, por ejemplo, se buscará por comparación las legislaciones sobre cuyos puntos deja el gobierno central a las administraciones locales su autonomía y sobre que puntos se reserva la última palabra. Resultará ya de esto útiles enseñanzas sobre el grado de autonomía que conviene dejar a tales servicios; pero se podrá sobre todo buscar porque procedimientos, porque sistemas jurídicos diversos al poder central deja de ejercer esta autonomía o reserva este veto. Que se compare desde este punto de vista a Inglaterra y Francia, quedará como asombrado de los contrastes que ofrecen estos países. Pero se verá bien pronto que a veces dos constituciones diferentes en apariencia persiguen en realidad el mismo fin".

Es especialmente en el Derecho Constitucional que Larnaude estima de aplicación fácil el método comparado.

En el caso de adopción de una regla jurídica a una legislación extranjera, el país adoptante podrá utilizar la experiencia del país de origen. La interpretación existente no podrá decirse que es extranjera, puesto que la legislación se ha convertido en nacional.

---

(1) *Larnaude* — «Droit Comparé et Droit Public». — «Revue de Droit Public», París 1902, t. II, págs. 9 y siguientes.

Como ejemplos cita: la historia del régimen parlamentario en Francia bajo la Restauración y el Gobierno de Julio, con sus frecuentes aplicaciones de los antecedentes ingleses, y el sistema de interpretación que para la Constitución Argentina proponía don Nicolás Antonio Calvo en la traducción de los "Comentarios" de Story, al sostener que el mejor medio de conocer la Constitución Argentina es conocer bien la de Estados Unidos de la cual era aquella una adaptación. (1)

Hay en la aplicación directa del método comparado una insuficiencia manifiesta en lo que atañe a la posibilidad de encontrar un criterio seguro que proponga un ideal de justicia y que oriente la evolución en el sentido del mejoramiento de las instituciones políticas.

Aplicando estrictamente sus principios, el método comparado sólo nos da, del progreso social la obra ya realizada, nos señala sus caracteres, nos precisa en que sentido bajo la acción de esas fuerzas oscuras y profundas, han flexionado los sistemas de organización adoptados; se limita a aceptar como más conforme al genio y carácter de un pueblo, tal concepción o tal doctrina.

La aparición del imprevisto hecho social que rompe por obra del genio individual, la ley de sucesión ofreciéndonos un nuevo aspecto de instituciones o de principios, un nuevo ideal de derecho o de justicia, lo obliga a proclamar el silencio prudente, hasta que el oportuno plebiscito internacional resuelve a su favor o en su contra.

Y aún mismo, en el caso antes citado ¿cuál es el criterio objetivo, que debemos tomar en cuenta para aceptar o rechazar las nuevas instituciones? La generalidad del fenómeno puede ser obra de la imitación, de la legislación arbitraria de la moda, del sometimiento al prejuicio reinante. Acaso la particularidad tenga un valor imprevisto más de acuerdo con el genio y la índole del pueblo, pero ¿cómo determinarlo?

Precisamente el estudio atento de las instituciones políti-

---

(1) *J. Story* — « Comentarios de la Constitución Federal de los Estados Unidos », 3.ª edición, traducido por Nicolás A. Calvo, Buenos Aires, 1881, t. I, p. 8.

cas nos pone de manifiesto como, aún en los casos de adaptación de instituciones extrañas, lo más conforme al genio de un pueblo, es producto de un proceso interno individualísimo, que sella su evolución con un carácter inconfundible y único. En tanto los rasgos comunes, las concordancias, las aproximaciones y caracteres afines que en ellos es posible señalar, no nos ofrecen sino generalizaciones bastante vagas, indecisos perfiles en que se esfuman los contornos nítidos de la realidad social.

Tomemos el caso de la Constitución Americana, la cual como es sabido constituye en el fondo una adaptación de las instituciones inglesas. Esa adaptación ha importado en su evolución una nueva creación. Las instituciones americanas, reproducción bastante aproximada de las inglesas del siglo XVII y comienzos del siglo XVIII, es decir antes de su parlamentalización, han producido un régimen político presidencial que reposa sobre el principio de la división de los poderes y organizado el estado federal con la doble soberanía, forma extraña a las tradiciones estaduales de la Europa occidental. De los postulados básicos que encontraron los constituyentes en las obras de Montesquieu y de Blackstone vale decir de una Inglaterra común, la del siglo XVII, la evolución nos ha dado un pueblo con instituciones típicas, originales, profundamente opuestas en cuanto a su forma a las del mismo país de origen, que se ha desenvuelto creando otra forma de gobierno genial.

El método comparado es impotente para explicar por si solo la formación y el desarrollo de las instituciones políticas desde que prescinde por la esencia misma de su procedimiento, de la explicación de esa evolución y del proceso individual que representa.

Auxiliar necesario y útil en la obra de la investigación, fecundo por su valor de renovación al poner en contacto las culturas diversas, precisar las diferencias y establecer aproximaciones provechosas, apto para favorecer la educación del espíritu facilitando la comprensión de las instituciones políticas, él es insuficiente para orientar el ideal jurídico.

VI

Método Histórico

El método histórico, pertenece como el método comparado a la categoría de los que Larnaude, en "Les méthodes juridiques" llama "a posteriori", haciendo notar que emplean los mismos procedimientos lógicos de la observación y la inducción. (1)

La diferencia estaría en que el método comparado busca más bien definir tipos de instituciones, en tanto que el puro método histórico se limitaría a estudiar, partiendo de los hechos, el vínculo de aquellas con la vida nacional del pasado, el origen, desarrollo de las formas constitucionales, las causas próximas que influyen en ellas, explicando el proceso de lo político por el del fenomenismo social que se supone conocido.

Habría acaso que poner este sistema bajo el nombre del fundador de la "Escuela histórica del Derecho": Savigny. Es sabido que en contraposición a la tendencia no histórica admitiendo que el derecho puede ser creado, con completa independencia del fondo tradicional, la nueva escuela afirmaba, que la materia del derecho está dada por todo el pasado de la nación, pero no de una manera arbitraria y de tal modo que pudiera ser ésta o la otra accidentalmente, sino como procediendo de la última esencia de la nación misma y de su civilización. (2)

Esta concepción particular del derecho entrañaba la aplicación directa del método histórico en el proceso de la investigación.

Circunstancias de orden local habían hecho nacer en los países alemanes, un entusiasmo grande por la patria común y por las manifestaciones que constituían un testimonio de esa unidad, como el derecho germánico.

La concepción genial de Savigny, dice Gierke, fijó el

---

(1) « Les Méthodes Juridiques », obra citada, p. 43.

(2) *Atard* — « La Escuela Histórica del Derecho », Madrid, 1908, p. 16.

destino de la jurisprudencia alemana. Aquel trabajo suyo "La vocación de nuestro siglo para la Legislación y para las Ciencias del Derecho" destinado a combatir las ideas de Thiebaut que reclamaban la rápida promulgación del Código Civil alemán, transformando "la anécdota en categoría", constituyó el manifiesto revolucionario, la exposición doctrinaria de las nuevas ideas.

Lo sustancial del aporte de Savigny quedó para siempre como una conquista definitiva. "El Derecho en realidad no existe por sí; es más bien la vida misma del hombre mirada desde un punto de vista especial", que él completaba con esta otra pregunta: "¿es, pues, posible concebir el presente de un organismo cualquiera de otro modo que en relación con su pasado, es decir sin un método genético"? (1)

La influencia de la escuela histórica fué enorme, contribuyendo dentro de Alemania a afirmar el sentimiento de la unidad germánica, y en cuanto al progreso de la ciencia jurídica, revelando a la investigación campos casi intactos como el derecho de los glosadores, el germánico, que Savigny sostenía que debía ser estudiado al par que el romano y el proceso de recepción ulterior.

Hasta Savigny el derecho se miraba predominantemente desde un punto de vista lógico, desentrañando las normas, del conocimiento de sus principios. Desde Savigny en adelante, se mira como un desenvolvimiento vital.

La Historia hace entrar al derecho en su dominio y sigue su evolución como las demás formas sociales, cuyo punto de partida es el hombre.

Corresponde a esta escuela el privilegio de haber sentado el principio de que el conocimiento del pasado, sus transformaciones sociales y políticas condicionan el desarrollo genético, y la orientación jurídica; y que es necesario atender por el estudio de la evolución, la esencia intrínseca de cada país, a fin de conocer en la constitución social, el genio y la modalidad de las nacionalidades.

---

(1) *Atard* — Ob. cit., p. 115.

La ciencia del derecho público, dentro de la cual está comprendido el Derecho Constitucional, necesita forzosamente partir del campo de la vida que es la que suministra el contenido de los actos y la marcha cumplida por la evolución.

Al mismo tiempo hay otra razón que hace necesario ese estudio en la forma enunciada. Las instituciones políticas, lo mismo que el Derecho, constituyen una creación de orden social. Deben de responder al genio de cada nacionalidad, y a la modalidad de sus peculiares necesidades, que sólo el conocimiento del pasado permite descubrir al investigador.

Asombra sin embargo el vasto dominio de los hechos que las generaciones han ido acumulando en su proceso de nacimiento y desaparición. Al legado secular se suma en proporción abrumadora la elaboración de los tiempos presentes.

Si partimos del postulado esencial del método, — es necesario conocer el pasado y su evolución, — la conclusión del "Bouvard y Pecuchet" de Flaubert no es excesiva: «il faudrait avoir lu toutes les histoires, touts les mémoires, touts les journaux et touts les piéces manuscrits, car de le moindre omission une erreur peut dépendre qui émménera d'autres a l'infini".

La imposibilidad de realizar la inconcebible empresa, — que es en el fondo el problema de toda la historia, — justificaría el gesto del escritor inglés Walter Raleigh, quién no habiendo podido verificar la exactitud de un suceso ocurrido casi ante su vista, quemaba sus manuscritos, convencido de la inutilidad de perseguir la inalcanzable verdad. Pero el hombre no puede resignarse a este "ignoramus" eterno. El excepticismo es incompatible con el progreso de la ciencia.

Esta observación que tiene atinencia a la crítica del procedimiento de investigación, a la heurística o sea al cocimiento de las fuentes, corresponde al dominio de la Historia. Más es sobre el material elaborado por ella, que el derecho afirma sus conclusiones.

¿Pero todos los acontecimientos de la serie en el tiempo que tienen relación con las instituciones serán objeto del estudio del derecho?

El origen y el desarrollo del método referido se vincula, — lo hace notar Jellinek, — al progreso creciente de las concepciones evolucionistas en la ciencia entera. La Historia afirma un proceso de evolución.

Ahora bien. En la serie de los hechos políticos que las ciencias sociales observan hay dos categorías: los que importan modificación solamente y los que implican transformación, es decir pasaje de una forma a otra. El cambio no es siempre desarrollo.

Así por ejemplo, la institución de la Comisión Permanente en nuestro sistema constitucional está tomada de la Comisión Conservadora de la Constitución Española de Cádiz de 1812. En el régimen de la antigua monarquía existía la diputación permanente que acompañaba al Rey. En estas condiciones, no se puede decir que la institución nacional de la Comisión Permanente ha sido desarrollada en España. Hay una transformación pura y simple, no un proceso genético de desarrollo, como existe en el caso de la evolución del Gabinete inglés.

Y bien, para la finalidad perseguida en el Derecho Constitucional, basta que se conozcan los casos en que ha habido sólo desarrollo de la institución.

Los procesos de mera transformación no tienen sino un interés secundario. Podemos dejar de lado una enorme parte de material muerto — que a los efectos de la explicación pragmática y causal — resulta innecesario.

Otra limitación nos permite ceñir mejor el campo de lo histórico en el derecho público. No existe interés en hacer entrar en el cuadro de las instituciones modernas las funciones desaparecidas, "y que las investigaciones históricas nos revelan, ni provocar sobre este punto la iniciativa conciente del legislador. Sólo en los casos en que la vida moderna puede inspirarse con fruto en aquellas vale la pena tentar esa resurrección". (1).

(1) *Jellinek* — Ob. cit., págs. 73 y 74.

Aceptando este doble punto de vista — el Derecho Constitucional no confunde su dominio con el de la Historia, Recoge de ella una enorme porción de materiales, utiliza con amplitud sus conclusiones, pero queda ageno a sus problemas de orden particular.

La misma actividad consciente de los hombres influye en parte extraordinaria en la evolución jurídica, contrariando las supuestas leyes sociales y desnaturalizando sus efectos. El desarrollo genético de las instituciones, que el método histórico parecería ver confirmado en el proceso general de evolución, está contradicho por la inesperada intervención de la voluntad individual. No es necesaria la aparición del "grande hombre", que es ya una fuerza de la Vida. El minúsculo protagonista del drama humano, cambia el sentido de la tragedia universal y su simple intervención perturba al infinito la ley del desarrollo progresivo.

Aún mismo esa parte inconciente que condiciona el hecho social no previsto en el acto de su iniciación, puede tener resultados trascendentes que la ciencia no explica. Jellinek recuerda a este respecto "que la devoción de los peregrinos piadosos obligaba a dar un beso en homenaje al santo; pero este beso, repetido en el curso de los siglos, ha tenido por resultado deteriorar una parte de la obra maestra de Miguel Angel en la Iglesia de "María sopra Minerva". (1).

El método expuesto no nos da sin embargo, pese a sus excelencias la íntima solución del problema. Nos hace conocer el objeto el desarrollo, la transformación de las instituciones políticas de los estados. Revelándonos los elementos que integran las naciones, su carácter, sus tendencias, las modalidades sociales, podemos juzgar las instituciones que más convienen a su índole particular. Sin embargo el problema de la organización política de un pueblo no está terminado al fijar la característica de aquellas en relación con su génesis. Debemos precisar todavía, al apre-

---

1) *Jellinek* — **Obra citada, tomo I, pág. 80.**

ciar la constitución de los poderes, el fin del Estado que tienen la misión de realizar. (1)

Para fijar la orientación de esa actividad tenemos que recurrir en primer término a "la reflexión psicológica que nos enseña que el Estado no puede producir nada de lo que es obra exclusiva de la vida interior humana" (2). Este problema presupone además una concepción especial del destino del hombre, de su función social, etc., que está íntimamente ligada a un concepto metafísico del universo. El método histórico parece por sí incapaz de precisar esos fines.

El determinismo absoluto que algunos secuaces de la escuela han querido afirmar, pone de manifiesto al mismo tiempo, por la exageración de sus defectos, una de las deficiencias fundamentales.

Si el derecho como manifestación de esa realidad potente de la vida al decir de Tanón, está condicionado por el medio físico y social en que se produce, y que determina ciertas direcciones necesarias, si existe una correlación entre el desarrollo moral y material de la civilización actualmente y es dable deducir que entre el presente y el futuro debe o puede existir la misma relación de solidaridad, no es posible concluir que fatalmente esa ley de causalidad se cumpla. Hasta el momento no le es factible a la Historia formular sus leyes.

VII

Conciliación del método histórico y el jurídico

La crítica imperfectamente esbozada en las páginas anteriores nos ha permitido considerar en particular los inconvenientes y ventajas de cada uno de los métodos que nos es dado manejar. La consecuencia que de ello fluye, es que la utilización exclusiva de uno sólo, no nos ofrece sino una

(1) *Deslandres* — Obra citada, «Revue de Droit Public», etc., 1900, t. II, pág. 443.
(2) *Jellinek* — Obra citada, t. I, pág. 390.

visión imperfecta, excluyéndose una serie de fenómenos que debemos tener en cuenta para comprender el de la organización del Estado y abarcarlo en su integridad.

El régimen constitucional que aparece según Hauriou como una cierta forma del Estado, caracterizado en su objeto por establecer en el seno de este un equilibrio fundamental en favor de la libertad, presupone un conocimiento atento de los hechos y su evolución, que debe de arrancar del proceso histórico, cuyo conocimiento nos revela la organización de la nación, en su etapa larval, hasta llegar a la extructura perfecta del Estado.

Pero el Estado presupone la existencia de un régimen jurídico. El método jurídico va a permitirnos determinar el contenido de las reglas de derecho, deducir sus consecuencias, precisar su alcance.

Tenemos pues, en la parte del campo del derecho público, que el Derecho Constitucional abarca, dos órdenes distintos de fenómenos: los de carácter político, que determinan el origen, formación y desarrollo del Estado, los de carácter jurídico, que corresponden a las relaciones que nacen del régimen formal surgido al aparecer el Estado. La visión integral debe obtenerse realizando la aplicación de los métodos al dominio respectivo. El error estaría en confundir las categorías y utilizar en el estudio de cada una de ellas, métodos que por su naturaleza fueran inaplicables al conocimiento de su esencia íntima.

No hay inconveniente en el empleo de ambos sistemas si se precisan bien las dos categorías, los dos órdenes de fenómenos que corresponde deslindar: el orden social y el orden jurídico, y se manejan como corresponde.

Respecto a las ventajas que desde el punto de vista pragmático, positivo, es posible obtener al familiarizar desde temprano la juventud con la enseñanza histórica, séame permitido citar la opinión de uno de los maestros del derecho público.

En un trabajo magistral de Boutmy sobre las relaciones y límites de los estudios jurídicos y los estudios políticos

(1) que el tiempo no ha definitivamente envejecido, caracterizando como un ejemplo la posible influencia que los estudios inspirados ya en el método jurídico, ya en el método histórico podrían determinar sobre un constituyente, dice:

"La Constitución de 1875 ha organizado el Poder Ejecutivo. ¿En qué términos se ha presentado el problema para un consitituyente que supongo formado por un largo y exclusivo comercio con el derecho privado? Dos cuestiones han ocupado el espíritu de este jurisconsulto llamado a hacer obra de estadista: una cuestión de método y una cuestión de principio".

"¿Cómo conviene reglar la elección y las atribuciones del Presidente, para que no haya los medios de violentar los otros poderes y destruir o falsear la Constitución? ¿Qué defensas y limitaciones preventivas impedirán más eficazmnte estos "empiétements" que hay que prever? He aquí la cuestión de mecanismo. La soberanía reside en la nación. ¿Por qué vía se asegurará la última palabra, a los delegados más directos del pueblo? He aquí la cuestión de principio".

"¡Cuánto más diferentes y más complejas serán las preocupaciones, cuánto más modestas las pretensiones del constituyente nutrido en una larga familiaridad con la historia! ¿Cuál es el tipo de poder ejecutivo que responde a los instintos durables o recurrentes de una sociedad como Francia actualmente, llegada a cierto grado de civilización, modelada por largos siglos de disciplina católica y de vida militar?"

El autor pone de manifiesto entonces, que "el estudio del pasado habría revelado a nuestro constituyente la antino mia contenida en el problema y la paradoja que oculta la solución menos imperfecta. La monarquía tal como la hemos conocido, está muerta, porque había perdido lo mejor de su sustancia, que es una dinastía inmemorial, amada y reverenciada instintivamente. Varias de las condiciones de la monarquía son todavía eficaces y contienen un principio

---

(1) *E. Boutmy* — « Les rapports et des limites des études juridiques et des études politiques ». [in: « Revue Internationale de l'Enseignement »; París, 1889, t. XVII, págs. 217 a 238].

de fuerza y duración. Sería útil imitarlas o transportarlas de algún modo en el orden republicano, cambiando el tono y la llave, a fin de que las masas encuentren en el seno de la constitución regular del país — y no sean llevadas a buscarlas en otra parte — por la aventura, las imágenes sensaciones y percepciones que respondan a sus hábitos hereditarios, a la idea necesariamente simple que pueden formarse de un gobierno?".

Estas vacilaciones, estas inquietudes, tienen desde el punto de vista humano, un valor superior templando la rigidez peligrosa de los caracteres formados en la pura disciplina jurídica. El fermento de esta enseñanza no puede desdeñarse.

El examen jurídico del Estado, después de considerar por el estudio histórico las transformaciones que se cumplen en el seno de las naciones dando por resultado este régimen de convivencia y solidaridad, permanente y vital en que se extructura la realidad social, nos permitirá "reconstruir los elementos esenciales y permanentes", los que forman el núcleo irreductible que justifican su razón de ser al traves de las fluctuaciones de la historia, y prestan a sus instituciones, a sus órganos, el carácter esencial de una realidad dándonos su fundamento lógico. El Estado cualquiera que sea su forma presupone la existencia de una constitución, es decir de un régimen jurídico permanente. El conocimiento racional de los elementos que lo integran en un momento dado, el límite de sus atribuciones, sus interferencias con el derecho individual, las limitaciones de este y los poderes de aquel, sol son posibles por la aplicación del método jurídico.

Por otra parte — en el dominio de lo que extrictamente le corresponde — no puede tener sin ventajosas consecuencias. Contribuirá a evitar los excesos del verbalismo, servirá como disciplina eficaz de la inteligencia en la investigación de la verdad.

Creo, pues, que en la conciliación prudente de ambos instrumentos metodológicos radica no sólo el secreto de una comprensión profunda de las funciones políticas que integran la realidad de la vida del Estado, sino también una sólida orientación de la cultura universitaria.

VIII

El programa analítico y el sintético

Justificado el método a seguirse en la exposición del curso conviene entonces precisar el programa a desarrollarse de la materia.

La primera cuestión que corresponde dilucidar es el carácter que debe de ofrecer.

¿Ha de ser sintético o analítico?

Las ventajas e inconvenientes de uno y otro sistema han podido ser apreciadas fácilmente en la propia aula de Derecho Constitucional.

El programa que el Dr. Justino Jiménez de Aréchaga redactó para su curso — y que estuvo en vigencia — con la sola excepción del período en que el Dr. Herrero y Espinosa desempeñó la clase — era esencialmente analítico.

En él estaban precisadas minuciosamente todas las cuestiones que el profesor exponía en su cátedra y constituye así, una imagen fiel de sus ideas. A menudo nos ofrece las soluciones personales del autor en muchos temas. Hoy, gracias al expresado programa, todavía es fácil conocer la opinión del Dr. Aréchaga en puntos concretos sobre aquella parte de la asignatura que no desarrolló en sus libros, como por ejemplo, sobre los Poderes Ejecutivo y Judicial.

El programa analítico resulta pués sumamente conveniente para los alumnos al determinar en sus detalles la materia objeto del examen, y constituye además, para el profesor, un esquema de sus conocimientos para el desenvolvimiento y exposición del curso.

Como elemento de fuerza probatoria de la competencia del maestro, un programa analítico es un muestrario de ideas, y por lo tanto no es de extrañar que por lo general, todo profesor al iniciar sus tareas en la enseñanza, si le toca redactarlo, especialmente en vista de un concurso—recurra a la forma de presentación analítica.

En nuestra Facultad pueden citarse como ejemplos caracte-

rísticos el excelente programa de Derecho Penal, del Dr. Irureta Goyena, los de Procedimiento Civil 2.° e Instrucción Criminal del Dr. Freitas y los de los cursos de Derecho Civil y Procedimiento Civil 1.er curso, y el de Derecho Internacional Público que presentó el Dr. Arbelaiz.

El único inconveniente del programa analítico es que conspira contra la renovación vivificada de la enseñanza. El profesor que ha hecho su programa minuciosa y cuidadosamente redactado, difícilmente asume la tarea de reiniciar la obra de su revisión, aunque sea parcial. El programa clausura una etapa o abre un nuevo horizonte, pero una vez formulado, nadie renueva la tentativa aunque a veces se procure remozar la doctrina. A veces hemos visto así, perpetuarse dentro del conservadorismo universitario, programas que ofrecían partes caducas y que el catedrático casi no explicaba en el aula ya orientada en forma distinta; pero que por la dificultad de tentar la empresa de rehacerlo han seguido subsistiendo agenos a la realidad.

Toda ciencia es conservadora y si es universitaria lo es mucho más. Basta pensar como lo sugería Ortega y Gasset, que todo hombre que se dedica a la enseñanza lo hace sobre el bagaje de sus lecturas, en la madurez de sus ideas, por lo general retrasadas en varios años con relación al progreso contemporáneo.

Si a este factor se agrega un cuadro de cuestiones trazado de antemano, como un plan que indica las líneas sobre las cuales se van recortando las ideas, es dable pensar que si el programa analítico es útil, desde el punto de vista universitario, se ve que tiene el inconveniente de dificultar la rectificación.

¿Será entonces más ventajoso el régimen de un programa sintético?

Por lo pronto recuérdese que el programa sintético — sólo debe enunciar los puntos que ha de abarcar el estudio sin señalar ni su extensión, ni su profundidad. Es el profefesor el que realiza y el que crea el programa en cada curso. Con un mismo programa — pero especialmente con un programa sintético — es posible que un profesor haga un cur-

so excelente si es bueno o mediocre si es malo. Con el programa analítico un mediano profesor puede desempeñarse. Con el sintético sólo el que sea capaz de animarlo y desenvolverlo por su esfuerzo podrá hacer una obra provechosa.

Esta ductilidad del programa sintético se traduce sin duda en ciertos inconvenientes sensibles para los alumnos. ¿Hasta donde se puede preguntar en el examen? Temas y cuestiones tratados quedan para el acto terrible de la prueba de fin de curso, librados al buen criterio de los intérpretes. Para el alumno libre el programa sintético no ofrece sino desventajas.

La falta de guía sobre las cuestiones, deja librado a la propia iniciativa la apreciación de los temas que corresponde estudiar. El alumno puede darles entonces una extensión excesiva o hacerlos demasiado breves, en ambos casos con perjuicio del éxito final del examen.

Los inconvenientes de los programas sintéticos quedan compensados, cuando es un verdadero maestro el que los dicta. La necesidad de crearlos en el desarrollo del curso contribuye eficazmente a la fecundidad de la enseñanza.

Esta oportunidad de un esfuerzo siempre en tensión les presta una elasticidad que sirve para favorecer su transformación constante, con el progreso de la ciencia y en la medida que se rectifican las ideas del maestro sin necesidad de proceder a la reforma por el Consejo. La renovación gradual del contenido operada en él, se reproduce con una elasticidad que recuerda en parte la evolución vital.

Los dos tipos de programa — perfectamente compatibles dentro de nuestro régimen universitario, me parece que pueden conciliarse, en un prudente término medio. El programa indica analíticamente los temas esenciales, las líneas principales que el profesor debe exponer, pero no todas. Dentro de cada título pueden desenvolverse otras cuestiones que tengan especial interés o relaciones próximas cuya enunciación en forma sintética permitirá darles el desarrollo que las exigencias del curso impongan.

Los programas deben ser acompañados de instrucciones para su aplicación, precisando bien la importancia de las

distintas partes y sugiriendo al profesor — dentro de la libertad inalienable de la cátedra — un criterio de orientación, que sirva para correlacionar la enseñanza de la materia con las ramas afines, siguiendo las normas que la Facultad se propone realizar al cumplir su objetivo.

IX

Justificación del programa

El nuevo programa de Derecho Constitucional representa la aplicación estricta del criterio metodológico expuesto como el más adecuado para realizar con carácter científico la enseñanza de esta disciplina en nuestra Facultad.

La parte del primer año mantiene en sus lineas generales la estructura del programa vigente con ligeras modificaciones de detalle y una ordenación más lógica de la materia relativa a la teoría general del Estado, que considero debe formar parte integrante de la enseñanza del Derecho Constitucional. La unidad de método en una asignatura de esta especie exige que las ideas fundamentales que se expongan al alumno respondan a una misma orientación que las que se refieren a la organización y relaciones de los poderes. No podrá enseñarse con fruto, por ejemplo, la teoría de la soberanía, si no se posee una noción armónica del concepto de Estado, y si ambas no están abarcadas desde un punto de vista superior que las domine.

Para centrar los problemas relativos a la organización de los poderes, para darles un fundamento sólido, se hace indispensable que el maestro los aborde comprendiéndolos en su unidad con los conceptos básicos relativos a la naturaleza y a la esencia del Estado.

Sólo partiendo de la teoría general del Estado, y realizando una enseñanza estrictamente jurídica, el Derecho Constitucional mantiene el carácter de una firme disciplina científica y logra escapar o de la generalización vaga y fluctuante de los principios que el a priorismo del sentido

común sugiere, ciencia periodística, deleznable y pueril, o a los inconvenientes ya señalados, de una aplicación fluctuante del método comparativo.

Es cierto que en programas afines (Derecho Administrativo, Economía Política, Filosofía del Derecho) se tocan algunos de ellos (1). Es teniendo precisamente en cuenta esta circunstancia que se reduce lo sustancial a tres secciones indispensables a fin de permitir al profesor exponer sus puntos de vista fundamentales y presentar en forma coherente el desarrollo de las ideas.

Es la materia de segundo año la que ha sido objeto de una reelaboración más completa y hasta donde ha sido dable conciliar el principio de mantener las orientaciones tradicionales de la cátedra, con las innovaciones que el progreso científico exige, estudiando las nuevas formas que parecen diseñarse a raíz de la catástrofe mundial de la guerra más terrible que recuerda la historia y que han podido señalar una época de la cultura como el de la "decadencia de Occidente", según lo califica uno de los más vigorosos pensadores de la hora actual.

Creo posible la conciliación de los métodos esenciales del derecho público, el histórico comparado y el jurídico, aplicándolos con eficacia a la enseñanza del Derecho Constitucional, dando el uno la materia viva, y precisando el otro el genio y la naturaleza jurídica de las instituciones; señalando aquel las deformaciones que la realidad impone a las organizaciones sociales de los pueblos, trazando el otro la norma ideal al cual corresponde ajustar las rectificaciones necesarias, para evitar que la ley imperiosa de los hechos y por lo tanto el valor exclusivo de la fuerza, constituya el elemento plasmante del derecho.

---

(1) *Orlando* ha comparado el derecho público a uno de esos territorios consagrados por un destino adverso a ser siempre el campo de batalla de las naciones; tal Flandes, tal el Palatinado (hasta que la victoria de Italia no cierre firmemente la línea alpina), la Val Padano... No puede, por otra parte, defender sus fronteras sino con la demarcación cada vez más firme y profunda de sus características especiales...

Véase: *Víctor Manuel Orlando* — « La Personalidad del Estado », Buenos Aires Imprenta de la Universidad, 1925, pág. 374.

En ese sentido divido el programa de segundo año en dos partes. La parte primera destinada al estudio del Derecho Constitucional comparado de los pueblos modernos, cuya influencia al progreso de las ideas de libertad y democracia es innegable. La parte segunda está destinada a realizar un estudio de las fuentes jurídicas de la Constitución Nacional, iniciando el estudio de sus instituciones desde el momento en que aparecen sus formas indecisas en la organización precolonial, en su trasplante americano durante la gestación secular de la Colonia y por último en su solución ulterior, en el período de la Independencia hasta la definitiva consagración del sistema republicano.

Respondiendo a esa orientación, tomo como punto de partida del estudio de la democracia, los pueblos que han consagrado el principio del gobierno representativo, Inglaterra, Francia, Estados Unidos, caracterizados cada uno por un sistema de gobierno típico e inconfundible: Inglaterra el régimen parlamentario monárquico; Francia, el parlamentario republicano; Estado Unidos, el sistema presidencial.

Considero luego las dos formas más interesantes del sistema semi representativo: Suiza, con su régimen de ejecuivo agente, manifestación originalísima de la democracia directa, acaso el país en que alcanza su más plena y fiel expresión la democracia y luego Alemania, semi representativo pues acepta también el principio del referendum según la fórmula modernísima de la Constitución de 11 de Agosto de 1919, aunque difiere de Suiza por su sistema de gobierno parlamentario.

Y por último completando el cuadro de las instituciones políticas esenciales para poseer una noción de conjunto, el sistema típico de negación del principio representativo: el régimen político instituido por la Rusia revolucionaria.

En este examen sintético de las instituciones democráticas en sus formas características, es dable seguir, según el proceso histórico, el movimiento de las ideas liberales que forman el patrimonio glorioso de la civilización, y que no es posible desconocer sin que ello importe una mutilación dolorosa de la cultura.

Debo ante todo prevenir la inevitable objeción de un argumento que por su misma simplicidad puede adquirir fácil dominio en los espíritus, la aparente extensión del programa.

Las instrucciones generales del programa de 2.° año que se acompañan, servirán para rectificarlo. Del cuadro general de las instituciones que se señalan, sólo será obligatorio el conocimiento detallado de la parte relativa a la organización actual. Los temas restantes servirán para que el profesor pueda presentar la explicación racional, de como se ha forjado su mecanismo, qué factores sociales e históricos han influído en la formación del fenómeno jurídico de las constituciones, demostrando como ellas no son el resultado de una determinación arbitraria, ni el capricho de una creación legislativa fruto de una decisión de la voluntad — que define el derecho de los pueblos — sino el resultado de una acomodación sucesiva de los hechos, respondiendo a una orientación cuya finalidad es el progreso, sirviendo los destinos de la humanidad.

Este conocimiento de los diversos regímenes constitucionales, por más que en la parte del 1.er año pueda hacerse por instituciones aplicando el método comparado, es indispensable realizarlo por estados para llegar a poseer en su conjunto la noción del mecanismo integral de las instituciones de los pueblos.

El estudio comparado por instituciones sólo da un conocimiento amorfo, pulverulento de los hechos, si falta la explicación del conjunto, la idea central, cuya clave está en la historia colectiva y en la manifestación del genio individual en que la evolución se manifiesta en cada pueblo, respondiendo a la ley de la individualización en que reside, en última síntesis, el secreto y la esencia del progreso de los pueblos y de los individuos.

Así como en los seres vivos, el estudio de la anatomía comparada, no nos daría jamás la reproducción, el esquema vital de cada uno de ellos sin su estudio morfológico de conjunto y sin su estudio fisiológico, la naturaleza y el genio de las instituciones de cada pueblo, no podrían alcanzarse sin el conocimiento de conjunto dominando su evolución desde una perspectiva histórica.

Por lo demás la aparente extensión que adquiere el programa en esta sección queda ampliamente compensada con la limitación racional de la parte relativa al derecho español, que mantengo en el programa con un criterio más de acuerdo con la importancia que le corresponde atendido a su valor y a las posibilidades de realizar su estudio sobre seguras bases científicas.

No creo necesario insistir particularmente sobre la conveniencia de reincorporar al programa de Derecho Constitucional el estudio del gobierno y las instituciones inglesas.

Afirma Franqueville (1) que no existe tal vez para la filosofía de la historia, un fenómeno más extraordinario que el de los destinos de Inglaterra, frente a la cual sólo encuentra dignas para resumir su desarrollo las palabras con que Tito Livio traza los orígenes de su patria: "salida de débiles principios se ha desarrollado al punto de plegarse bajo su propia grandeza".

El secreto maravilloso de ese destino, no está seguramente en la riqueza de su suelo, que el mar limita en todos los sentidos; ni en el tesoro de sus minas — hierro y carbón — que no dan más oro que el trabajo fecundo, y que sólo sirven para incorporar los músculos de acero de sus máquinas a la formidable potencialidad de su esfuerzo laborioso; ni lo debe al hado próspero, pues ha padecido todas las miserias de la conquista, de las invasiones de los bárbaros, de las calamidades de la guerra, y las más sangrientas revoluciones.

Esa grandeza es la obra exclusiva de una constitución política elaborada por el sentimiento de la justicia que late fervidamente en el corazón de sus hijos, y que Montesquieu ha caracterizado con las dos palabras inmortales: Libertad, Igualdad.

La fusión de las razas conquistadora y conquistada consumada en el siglo XIII al perder Juan Sin Tierra la Normandía, se completa con la evolución de la servidumbre gracias a la influencia de la Iglesia y la formación de la clase rural,

1) *De Franqueville* — « Le Gouvernement et le Parlement Britanniques », Paris, J. Rothschild, 1887, t I, p. 9.

que constituye el nervio de la raza. La igualdad ante la ley ha sido la regla esencial desde los tiempos de Enrique III.

Pero nada más profundamente conmovedor ante el drama de la historia como esa lucha porfiada y tenaz por la conquista de sus fueros, realizada por el pueblo inglés. Este cuadro histórico vale como uno de los hechos humanos más dignos de ofrecerse a la admiración de la juventud. Posee la grandeza de una epopeya heroica, en que el fin supremo no lo constituye la ambición, ni la gloria, ni el poder, ni el dominio, sino la libertad. Hay en ella la unidad de una tragedia griega. Pueblo y Parlamento, Aristocracia y Democracia defienden celosamente los principios de su derecho. De esa lucha nace el "habeas corpus" que las constituciones modernas todavía consideran como una garantía; la libertad de la conciencia que hace de su isla el baluarte del pensamiento libre, el derecho de reunión y de asociación, las fundamentales seguridades del jurado, la fórmula del sistema bicameral como salvaguardia de los excesos del Parlamento, la responsabilidad de los Ministros limitando la autoridad del Rey, el juicio político limitando el despotismo de los funcionarios, fundando en la responsabilidad individual la mejor gestión de gobierno, y sancionando la inviolabilidad de la persona y del domicilio en el cual según la expresión de lord Chathan: "la tempestad y la lluvia pueden entrar en la cabaña del obrero inglés; el Rey no puede entrar en ella".

Más todavía, ese conocimiento se hace necesario para comprender el genio de las instituciones de los Estados Unidos. Las colonias de la vieja Inglaterra habían recibido el derecho inglés en toda su pureza. Los juristas clásicos Blackstone y Montesquieu, habían definido el carácter de las instituciones de la metrópoli. Los estados americanos al constituirse libres e independientes y fundar la Confederación, no sólo mantuvieron la unidad de origen sino que cuando se levantaron contra la madre patria lo hicieron en defensa de los principios que ellos consideraban conculcados. Pero de esos principios idénticos, la Constitución de Estados Unidos llega a una forma de gobierno cuyo mecanismo es absolutamente distinto del sistema británico.

Si Inglaterra contribuye al desenvolvimiento de las ideas de libertad e igualdad y crea en su constitución uno de los más extraordinarios instrumentos de gobierno, el estudio de las instituciones francesas es indispensable para completar el cuadro de la iniciación democrática que aquellas suponen.

Francia, por el poder de expansión que alcanzan sus ideas, por la universalidad de su civilización, por la acogida que merecen sus instituciones y su ideología, por la obra de la Revolución, que domina durante todo el siglo XIX, e impone sus normas a las nuevas democracias, por sus experiencias y luchas por la libertad, por sus numerosos ensayos constitucionales, merece tanto como Inglaterra ser objeto de preferente atención en un curso de derecho político comparado.

Por lo que atañe especialmente a la influencia directa que las ideas francesas han ejercido en la organización hispanoamericana, bastaría recordar, que de la Enciclopedia arrancan nuestras inquietudes ideológicas, que Rousseau da la fórmula revolucionaria en la teoría del contrato y en la idea de la soberanía del pueblo, que Montesquieu es leído en las universidades, y que las primeras iniciativas constitucionales adoptan las fórmulas de la Constitución de 1791, ya directamente, ya por intermedio de la Constitución de Cádiz de 1812.

El cuadro de las instituciones francesas, aún encarado con criterio histórico no exige el conocimiento de los primeros siglos de la formación nacional que requiere Inglaterra. Es dable circunscribir el campo de estudio al hecho esencial: la Revolución y sus consecuencias, para estudiar el régimen actual según se acusa en las leyes de 1875.

Si la inclusión de Suiza se impone como tipo característico de una forma de democracia directa, de interés universal por que representa la más pura aplicación de la democracia, la justificación de un examen de la nueva Constitución Alemana de 1919, y una vista de conjunto al sistema de la República de los Soviets, los dos hechos constitucionales de mayor interés jurídico de la época actual — parece casi superfluo.

La tentativa constitucional de Alemania es la experiencia

política más interesante y más científica realizada en la Europa moderna, así como la de Rusia es la más audaz y más profunda.

En 1914 Joseph Barthélemy denunciaba en un breve libro, que las instituciones políticas de Alemania estaban destinadas a constituir un sistema de dominación, en vista de la guerra. El Emperador irresponsable, sustraído en su política interior y exterior al control de los súbditos, facultades considerables del canciller, debilidad del Parlamento.

Producida la caída del Imperio, una "constitución sabia y sabiamente estudiada" como lo reconoce Barthélemy entra en vigencia. Sufragio femenino, elección plebiscitaria del Jefe del Estado, régimen parlamentario con la doble responsabilidad del Presidente y los Ministros — como en la fórmula francesa de 1848 — representación proporcional, reorganización electoral, sustitución de la representación del número o formal por la representación económica o de los intereses, organización del Consejo Económico del Imperio, he aquí sus rasgos esenciales.

Combatida la nueva democracia entre el impulso maximalista y la tendencia demócrata - socialista, la constitución señala el equilibrio alcanzado entre las fórmulas que consagra el mantenimiento de los derechos clásicos del hombre y las soluciones avanzadas que reclaman la estatización de los servicios, la intervención del Estado en la producción, la organización del trabajo como función del Estado. Así organizada la Constitución socialista de Weimar, realizando un tipo de democracia semi representativa, importa uno de los fenómenos políticos del mundo nuevo de cuyo conocimiento no es posible prescindir.

Como natural conclusión de la experiencia moderna corresponde cerrar el cuadro de las formas políticas, con una rápida exposición de la organización de la república de los Soviets. Se trata de una noción de conjunto — que debe hacerse lo más objetiva posible — a fin de presentar en la síntesis general de las instituciones un tipo novísimo de Estado que desconoce los principios del sistema representativo.

La parte segunda del programa está destinada a estudiar

con la mayor latitud posible las fuentes jurídicas del derecho público hispano americano y en especial la Constitución Nacional.

He tenido necesariamente que limitar la extensión que el programa vigente consagra al estudio de las instituciones jurídicas de España, especialmente en lo relativo a los primeros tiempos de la Reconquista y al período de la consolidación de la Monarquía, dejandc sin embargo subsistente lo sustancial e indispensable al conocimiento del derecho hispano. Dos razones fundamentales obligaban a ello: una, la necesidad de no recargar extraordinariamente el programa lo que exigía naturalmente sacrificar cierta parte de la asignatura, no absolutamente necesaria, a fin de dar entrada al estudio del Derecho Constitucional Comparado; y otra, las dificultades de orden científico, que hasta el momento impiden el conocimiento completo del derecho hispano, especialmente en los períodos a que hemos hecho referencia (siglos XIII al XVII), como para establecer conclusiones de caracter general.

X

Los vacíos de la historia del Derecho Hispano

Uno de los profesores españoles más difundido entre nosotros don Rafael Altamira, en el Congreso Internacional de Ciencias Históricas reunido en 1908 en Berlín, presentó en la sesión de Historia Jurídica un interesante trabajo sobre el "estado actual de los estudios de historia jurídica española y de su enseñanza".

Al prevenir a los historiadores extranjeros contra el uso de ciertas fuentes como la Historia de la Legislación Española de Antequera, la Historia de los señores Marichalar y Manrique y aún la Historia General de España de Lafuente, afirmaba que "no está escrita todavía, y que no se puede escribir siquiera en los más de sus capítulos nuestra historia jurídica". (1)

(1) *R. Altamira y Crevea* — «Cuestiones de Historia del Derecho y de Legislació Comparada», Madrid, Librería de los Sucesores de Hernando, 1914, p. 13.

Esta afirmación parecerá acaso excesiva, a los que se hayan contentado con admirar en los estantes de una biblioteca, la copiosa abundancia de páginas de una de esas historias jurídicas que no faltan en la literatura española. Pero un examen somero puede fácilmente convencernos de que esas obras están todavía por hacerse, y que las conclusiones respecto de muchos de los problemas fundamentales de la historia del derecho español carecen en el momento actual de la posibilidad de encontrar una solución científica — por el desconocimiento de las fuentes directas.

Ya en el siglo XVIII, con motivo de la atención dispensada por los reyes de la Casa de Borbón a las empresas de carácter científico, se puede decir que la historia del derecho español se constituye como ciencia independiente. El estudio sobre vicisitudes y orígenes del Derecho Español de Juan Lucas Cortés, publicado luego en 1703 con el título de Sacra Themis Hispania por el danés Ernesto Francknan, se puede considerar como el primero en su género, sino en cuanto a la calidad, por lo menos en cuanto a la prioridad de su publicación. La "Historia del Derecho real en España" de Fernández Prieto (1738) es un ensayo completamente superficial y destituido de toda crítica. (1)

A este período pertenecen los trabajos del Jesuíta Andrés Buriel, autor del famoso "Informe de las pesas y medidas de la ciudad de Toledo" y de la carta a don Juan Amaya, sobre el "Origen y progresos del Derecho español"; el "Tratado de la regalía y amortización" (1765), del Conde de Campomanes, escrita a pedido del Consejo de Castilla y la "Alegación fiscal sobre la reversión a la corona de la jurisdicción, señorío y vasallaje de la Villa de Aguilar de Campos; los trabajos de D. Ignacio Jordan y Asso y D. Miguel de Manuel publicando documentos antiguos como el supuesto Fuero Viejo de Castilla y su introducción histórica al Derecho Civil de Castilla, y los estudios de Jovellanos entre los que deben citarse su Informe sobre la ley Agraria, su "Memoria

---

(1) *Eduardo de Hinojosa* — « Historia General del Derecho Español ». Madrid' Tipografía de los Huérfanos, 1887, pág. 29.

para el arreglo de la policía, de los espectáculos y diversiones pública, y su origen en España'' su discurso de recepción en las Academias de la Historia y en la de la Lengua; los de Capmany con sus ''Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona'' y la edición del ''Consulado del Mar''.

Pero por sobre todos, especialmente por el hecho de haber investigado con profundidad el campo de la historia jurídica se destaca D. Francisco Martínez Marina quien ha dejado dos obras esenciales para el estudio del derecho hispano: el ''Ensayo histórico-crítico'' sobre Las Partidas, y la ''Teoría de las Cortes'', ante las cuales y especialmente la primera resulta sensiblemente inferior su análisis sobre la ''Novísima Recopilación''.

Don Juan Sempere y Guarinos en su ''Historia del Derecho Español'' (1821) presenta en forma metódica una síntesis del trabajo realizado por sus antecesores, que todavía constituye hoy una obra de interés muy apreciable, especialmente para el estudio directo de las fuentes jurídicas y las relaciones que establece entre el derecho y la historia política y económica.

El siglo XIX inicia un período interesante para el progreso de la historia del derecho hispano.

A los trabajos de Sempere, deben agregarse su ''Historia sobre las leyes suntuarias'' que escribió a pedido del Consejo Real de la Sociedad Económica de Madrid; el ''Ensayo sobre los orígenes, progresos y estados de las leyes españolas'' de don Manuel María Cambronero; el ''Discurso sobre la legislación de los Visigodos'' de don Manuel Lardizabal y Uribe, prólogo a la edición del Fuero Juzgo (1815) dirigida por la Academia de la Historia. La edición de los ''Opúsculos legales'' del Rey don Alfonso el Sabio y la de ''Las Partidas'' llevadas a cabo por la Academia de la Historia llenan el primer tercio del pasado siglo.

Continuadores de esa labor reconstructiva del pasado español fueron don Pedro José Pidal, en su ''Lecciones acerca del gobierno y legislación de España'', pronunciadas en el Ateneo de Madrid (1841-1842), el primero que hizo conocer

en España el método de la escuela histórica; don Tomás Muñoz y Romero, con su "Colección de los principales fueros y cartas pueblas (1847) que aunque incompleta, pues sólo apareció un primer tomo, resulta todavía de utilidad, y especialmente con su "Estudio acerca del estado de las personas en los reinos de Asturias y León en los primeros siglos posteriores a la invasión de los árabes", su ensayo sobre el municipio español y el discurso de recepción en la Academia de la Historia sobre el desarrollo general de las instituciones en los reinos cristianos de la Edad Media. Merecen también una especial mención, aunque su trabajo carezca de método y crítica, don Amalio Marichalar Marqués de Montesa y don Cayetano Manrique por la "Historia de la Legislación y recitaciones del Derecho Civil de España". Obra mediana es la de Rico y Amat, "Historia Constitucional de España" publicada en el reinado de doña Isabel II y dedicada a esta soberana.

Pero el último tercio del siglo XIX ve renovarse el interés por los estudios de historia jurídica con la aparición de unas cuantas figuras de valer científico como don Eduardo Pérez Puyol, con sus trabajos sobre la España Goda, Joaquín Costa, jurista y político eminente, en sus consejos sobre los celtíberos y el derecho consuetudinario; don Eduardo de Hinojosa; romanista insigne que ha investigado con sagacidad la penetración del derecho romano y determinando con precisión los orígenes del municipio español, el régimen señorial y la cuestión agraria en Cataluña, la influencia del derecho germánico en el derecho español, el derecho en el Poema del Cid, la privación de la sepultura a los deudores; las ideas de los teólogos y juristas españoles que en los siglos XV al XVIII han tenido influencia en los principios del derecho de gentes; editor, además, paciente y concienzudo de documentos sobre la historia medioeval, llamado mejor que nadie a escribir la Historia del Derecho Español, de la cual sólo trató en forma magistral la relativa a la España primitiva, romana y visigoda, que dejó incompleta; y maestro eminente, formador de una escuela nacional de juristas, hoy agrupados en el "Anuario de Historia del Derecho Español", continuadores de su

fervor por el pasado y la escrupulosidad y honradez de su método científico.

Otras figuras de señalados méritos deben también recordarse: don Rafael Altamira, ex profesor de historia del derecho español en la Universidad de Oviedo, más conocido por su "Historia de España", ha tratado interesantes cuestiones sobre metodología del derecho y filosofía de la historia, en diversos trabajos, de los cuales sólo mencionaremos; "Historia del Derecho Español" y sus "Cuestiones de Historia del Derecho Español"; don Rafael Ureña y Smenjaud autor de una "Historia de la literatura jurídica Española" y de ediciones críticas como el "Fuero de Usagre" y el de "Zorita de los Canes"; Ribera, que ha dejado estudios sobre el origen del Justicia Mayor; Ríos Urruti, investigador del derecho de Andorra, etc.

Entre los nuevos, podemos citar el núcleo de investigadores que se agrupan — siguiendo las huellas de Hinojosa — en el "Anuario de Historia del Derecho Español" y cuya obra científica es promesa de una renovación de la historia jurídica. (1)

No obstante la enumeración hecha con las inevitables omisiones y que revela el interés que los estudios jurídicos han despertado siempre en España, la afirmación de Altamira

---

(1) Mencionaremos entre este grupo de cultivadores de la historia del derecho españo a *Claudio Sánchez Albornoz*, autor de la «Curia Regia Portuguesa», siglos XII y XII y de un estudio completísimo sobre las «Behetrías», cuyo origen enlaza con «comendatis» romana. Su obra capital «Instituciones del Reino Asturleonés», todavía inédita fué premiada por las Reales Academias de la Historia y de la Lengua.

Como modelo de depurada realización pueden citarse sus magnificas «Estampas de la vida en León hace mil años». *José María Capdequí*, a quien se debe una monografía interesantísima sobre el «Municipio hispano - americano y el derecho de propiedad en nuestra legislación de Indias». *José María Ramos y Loscertales*, tiene un estudio sobre la «Devotio ibérica». *Manuel Torres*, que ha publicado un hermoso y nutrido ensayo sobre el Estado visigótico». *Galo Sánchez*, que ha editado el libro de los «Fueros de Castilla», profesor de Historia del Derecho en la Universidad de Barcelona, ha investigado con provecho la «Redacción del derecho territorial castellano en la Edad Media». *R. Carande*, profesor de Economía de Sevilla, ha escrito un bello trabajo sobre «Sevilla, mercado, fortaleza».

Débese a dos redactores del Anuario (*Ramón Carande* y *Galo Sánchez*), la traducción de la obra de *Ernesto Mayer*: «Historia de las Instituciones Sociales de España y Portugal, durante los siglos V al XIV», uno de los esfuerzos de conjunto mejor logrado, aunque discutible, sobre las instituciones del derecho ibérico.

puede considerarse subsistente en lo fundamental: la historia del derecho hispánico no está escrita todavía y no se puede escribir en los más de sus capítulos.

Pueden resumirse así las conclusiones a que arriba el distinguido profesor español:

1.° Se carece de ediciones histórico - críticas de las fuentes legislativas y consuetudinarias. "Las que existen y se manejan (Códigos españoles, fueros, observaciones y actos de las Cortes de Aragón, compilaciones del Derecho Catalán, etc.), se han hecho con propósito práctico y forense y no histórico, y por tanto, o han clasificado los textos de fechas diversas y procedencia distinta por materias, rompiendo la unidad histórica, o han descartado las no agentes, o han despreciado las variantes, de importancia capital muy a menudo''.

En su "Historia del Derecho Español", cita algunos ejemplos:

"El Fuero Juzgo en castellano — es decir, el Fuero Juzgo tal como regía en el siglo XIII, amoldado a las condiciones de la época — tuvo variantes locales, que es indispensable conocer y que no figuran en las ediciones actuales, hechas con un fin puramente lingüístico o práctico (para abogados). Lo mismo sucede con el Fuero Real de Alfonso X, que no tuvo vigencia común en Castilla más que como ley aplicable en las apelaciones ante el Tribunal Regio, y en lo restante sólo valió como Fuero Municipal, con modificaciones notables en los varios textos que existen y de las que no da idea alguna el *texto único* que todo el mundo maneja y que sirve para deducir conclusiones. El Ordenamiento de Alcalá no es un código, sino uno de tantos documentos legislativos como salieron de las Cortes castellanas de los siglos XIII y XIV y que aparte de la ley primera , artículo 28, relativa a la fijación de las fuentes legales, no debe probablemente la distinción de que goza más que al hecho de haber sido publicado por Asso y de Manuel en época (1774) en que se hallaban inéditas todas las demás actas de Cortes''. (1)

(1) *Rafael Altamira* — «Historia del Derecho Español», Madrid, 1903, pág. 104

"Iguales deficiencias se pueden notar en las *Ordenanzas Reales de Castilla u Ordenanzas Reales del Dr. Montalvo.* Importa poco, — dice Altamira, — que la colección fuese hecha o no por orden de los Reyes Católicos y autorizada o no por éstos; pero pretender que sirva (como ha servido a muchos historiadores), para formarse idea del cuadro de instituciones legales, vigentes en la época de su publicación, es un error imperdonable. El Ordenamiento es una colección muy heterogénea y sin plan seguro. Comprende indistintamente ordenamientos de Cortes (desde la de Alcalá de 1348), disposiciones varias de los Reyes a partir de Alfonso X (reales cédulas, pragmáticas y albalaes), y leyes sueltas tomadas de otras fuentes legales anteriores, sin que en ninguno de estos grupos agote, ni mucho menos la materia: de modo que, ni puede ser considerado como colección de leyes de Cortes, ni como repertorio diplomático, ni como recopilación de los residuos vigentes dejados por otros elementos legislativos".

"Cualquiera de los reinados castellanos del siglo XIII al XIV, suministraría un caudal mucho mayor de ordena mientos y diplomas del que, para un período de casi tres siglos, ofrece la obra de Montalvo."

Igual cosa cabe observarse respecto de otras copilaciones como de la Recopilación Nueva (1567), y Novísima (1805). Las Leyes de Partidas, de la cual falta un buen texto crítico, siendo deficiente el de la Real Academia de la Historia.

2.° Las colecciones sistemáticas de las fuentes que se poseen no son numerosas ni completas.

En materia de Fueros la colección publicada por Muñoz y Romero en 1847, no ha tenido continuador. En materia de fueros locales se han editado algunos individualmente con poco cuidado en general. Hacen excepción: los publicados por la "Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas de Madrid", "Centro de estudios históricos", "Fueros leoneses" (Zamora, Salamanca, Ledesma y Alba de Tormes), Madrid 1916 y Fueros Castellanos (Soria y Alcalá de Henares), Madrid 1919. El Fuero de Molina

de Aragón editado por don Miguel Sancho Izquierdo, Madrid 1916, el de "Zorita de los Canes" y el de "Usagre" editado por don Rafael Ureña y Smenjaud.

3.° No existen en España bibliotecas que reediten las obras de los jurisconsultos antiguos.

(Modernamente la Editorial Reus, ha publicado el libro de Suárez sobre las leyes, los tomos I y II del de Domingo Soto y el de Grocio sobre el Derecho de Guerra y de Paz. También se han publicado las obras del maestro Jácome Ruiz "Flores de Derecho y Doctrina", revisadas por don Adolfo Bonilla y San Martín y don Rafael Ureña y Smenjaud).

4.° Los estudios concernientes al estudio del desarrollo de las instituciones, son incompletos. Las grandes transformaciones del derecho, su alcance y consecuencias se conocen, pero faltan los estudios concretos que precisen el grado en que otros derechos han influído sobre el español.

5.° Las diferentes ramas del derecho o género de instituciones carecen de historias particulares (derecho civil, penal, procesal). Se conoce mejor la historia del derecho político y administrativo (y de ésta, el régimen municipal, la institución monárquica y el régimen constitucional del siglo XIX).

6.° Se carece de una historia de la ciencia jurídica, especialmente en cuanto al estudio interior (hechos o ideas).

Como las consideraciones que anteceden se refieren a la historia del derecho español, campo más vasto, como que comprende todas sus ramas, derecho privado, penal, etc., podría creerse que la parte de derecho público que nos interesa (evolución del derecho político), nos es mejor conocida. No hay tal cosa.

Descendiendo a las instituciones particulares, Altamira afirma que el cuadro de desiderata y de vacíos que señaló Muñoz y Romero en 1860, en su discurso de recepción en la Academia de la Historia, subsiste casi en su integridad. Por lo que atañe al derecho público que nuestro programa incluye, puede afirmarse:

a) "En cuanto al estudio del régimen feudal y las cuestiones que de éste derivan (muy principalmente su existen-

cia en León y Castilla, y sus caracteres específicos en Aragón, Cataluña y Navarra), conservamos las mismas dudas y vaguedades que en 1860, con excepción de la relativa a Cataluña, que en uno de sus aspectos ha investigado profundamente Hinojosa." (1)

b) "De la condición jurídica de las clases sociales inferiores y en general, de todas las "condicionales" o dependientes en Aragón, Navarra y Valencia a penas si sabemos cosas sueltas". Y agrega que "nadie ha acometido el estudio general y sistemático de la materia en aquellas regiones, ni sería posible acometerlo sin investigar mucho en la documentación inédita de los archivos, pues lo publicado es muy poco todavía".

c) ''El municipio de León y Castilla es bien conocido gracias al trabajo de Hinojosa que rectificó las conclusiones de Herculano. Pero falta un trabajo análogo para Aragón, Navarra, Valencia, Mallorca y Cataluña, sobre la que sólo existen trabajos incompletos; así como falta también un estudio del proceso de centralización y de su influencia en la limitación de las libertades municipales.''

d) ''En cuanto a la historia jurídica de la Edad Media no es mejor conocida. Así por ejemplo: la extensión o importancia de los derechos señoriales y jurisdiccionales de la nobleza y el clero (en los señoríos eclesiásticos) abolidos recién en 1811 por las Cortes de Cádiz, debe ser estudiado señorío por señorío, la transformación de los Consejos Reales en el siglo XVIII y la transmisión de sus atribuciones a los Secretarios de Estado, base de los actuales Ministerios, sólo ha sido indicado accidentalmente por Sánchez de Toca en un libro "El Gobierno en el antiguo régimen y en el parlamentarismo'' que no versa especialmente sobre este asunto.''

Hemos puntualizado — siguiendo las observaciones formuladas por Altamira — las partes en que la historia del derecho público español, está todavía por hacerse. No es posible pues, fundar una enseñanza científica, a menos de

(1) Esta conclusión de *Altamira* no es hoy tan absoluta como en la época en que se formuló.

seguir consignando los errores subsistentes, o realizar un esfuerzo de investigación original que los propios especialistas reconocen poco menos que imposible, hasta tanto que no se lleve a cabo una publicación depurada de las fuentes.

En esta posición — sin desconocer la importancia del estudio jurídico de las instituciones españolas, hemos creído conveniente limitarlo razonablemente, de modo que constituya el eslabón que en la serie histórica nos permita seguir el nacimiento y evolución de los principios jurídicos, que persistiendo en la formación colonial, recibieron la influencia renovadora de la ideología revolucionaria impregnada del pensamiento francés difundido por obra de la Revolución y de la sugestión del movimiento de las colonias americanas, cuyas instituciones han tenido una influencia indiscutible en las fórmulas constitucionales de hispano - américa.

XI

Las fuentes de la Constitución Nacional

Expuestas ya en el capítulo anterior las razones que aconsejan una limitación prudencial de la parte relativa al derecho español, fundado en las dificultades de realizar una investigación original en una Facultad profesional como es la nuestra, en la necesidad de dar entrada al estudio histórico de las instituciones que caracterizan los regímenes de gobierno más avanzado, conviene señalar el procedimiento de acotación seguido al determinar el campo de estudio en la subsiguiente parte del programa.

Procuramos realizar el estudio jurídico de las fuentes de la Constitución Nacional, y el conocimiento lo más amplio posible de las reglas jurídicas, y leyes e interpretaciones que la esclarecen.

El régimen constitucional, es sólo la última etapa de una evolución cumplida por el sistema colonial — traslado y adaptación a la América de las fórmulas hispanas — influídas por el derecho revolucionario francés y el americano

cuyo proceso debe estudiarse en las fases características de esa evolución.

En primer lugar los orígenes precoloniales (instituciones españolas), el régimen administrativo, el derecho indiano y los factores de disociación que en el Río de la Plata preparan el advenimiento de la Revolución.

Producida esta, nuestro país sigue formando parte de las provincias argentinas, en cuya esfera de acción, las influencias económicas, políticas y sociales se traducen por interferencias que van matizando y determinando la formación de la nacionalidad.

Desde 1810 a 1827, en que el Tratado Preliminar de Paz entre la Argentina y el Brasil fijó de un modo irrevocable los destinos de la hasta entonces Provincia Cisplatina, el régimen de nuestro derecho público debe ser comprendido en su relación con el todo subsistente de las demás provincias, que integraban el fragmentado Virreinato.

Pero la evolución constitucional rioplatense es sólo una parte de la que en grado superior realizan los otros pueblos americanos. La organización constitucional anticipada de las otras nacionalidades influye a su vez en el proceso orgánico nacional.

Las fórmulas jurídicas que se apresuraron a dictar las nacionalidades recien emancipadas (Chile, Bolivia, Perú, Nueva Granada), tienen una influencia más o menos directa sirviendo sus textos como modelo a la obra emprendida por nuestra Asamblea Constituyente de 1829.

Es por esta razón que dedicamos al estudio del régimen constitucional hispano americano los temas de la sección V. Procuramos en ellos desentrañar la esencia de la evolución política de estos pueblos, los factores sociales que obran en su formación y en su progreso, las fuerzas que retardan el desarrollo de su destino e integración de las nacionalidades, los principios de su ideología social. Así generalizado al respecto del continente el estudio del régimen y estructura del Virreinato (que hiciéramos en la parte referente al período colonial) corresponde precisar las direcciones, deformaciones que el tipo orgánico del Estado y la vocación re-

publicana ha determinado en las distintas partes del continente, para encontrar por el triple examen de la historia, de la sociología y del derecho comparado, la ley fundamental de la democracia en América.

Existe una unidad ideal — pese a la doble organización unitaria o federal de la constitución de las nacionalidades americanas — que permite establecer en el desenvolvimiento de la cultura continental, rasgos típicos que diferencian y acentúan sus caracteres de los estados del tipo europeo.

El sentido de la solidaridad fraternal que día a día se afirma entre los pueblos, el sentimiento de la igualdad entre los hombres, sin cartas ni privilegios; la irreductible vocación democrática que hace para siempre imposible la fundación de monarquías; la finalidad cultural del Estado respondiendo a la ampliación de fines humanitarios y la penetración del derecho en todos los órganos del Estado y de la Sociedad afirman en forma plena, la unidad de un tipo democrático del Estado moderno destinado a realizar en el futuro el ideal solidario y generoso de la Humanidad.

Podrá objetarse con las desviaciones frecuentes que la ambición y la barbarie han consumado, con las formas espureas de dictaduras que han sustituído la realidad del gobierno propio por una voluntad absolutista y con los ensayos — generosos e ilusos de la política liberal — sacrificada a las deficiencias del medio, incapaz por su mediocridad racial (negro, indio o mestizo) en ciertas regiones para vivir en el ejercicio de la libertad.

Precisamente — estas alteraciones accidentales del ritmo democrático — compensadas con las rectificaciones que la historia señala, son la confirmación de la ley de unidad.

Ellas explican la razón de su interrupción por circunstancias accidentales — factores adventicios — y destinados a ir desapareciendo al realizarse la conquista definitiva del proceso democrático.

Las enseñanzas que la historia entraña afirmarán en la conciencia de los que penetren en sus secretos, la fe indes-

tructible sobre el destino que está confiado a América. Una tradición generosa de libertad, de igualdad, de fraternidad, de solidaridad, se cierne sobre el destino unitario del continente y vincula en la misma acción generosa el pensamiento de los civilistas y la obra de los libertadores, la visión de Bolívar y el ensueño flotante de Ariel.

Poner el espíritu de la juventud en contacto con la realidad americana, situarla en la corriente en que fluye la historia adoctrinándola a la par en los principios y en los hechos, en la condenación de los errores y los vicios y en el sentimiento generoso de la justicia, de la libertad, de la democracia y del derecho, es hacer de la ciencia una obra humana y de la historia como lo quería el moralista latino "la maestra de la vida".

No menos útil conceptúo, el estudio detenido de la Constitución, en la forma que preceptúa el programa presentado. El conocimiento jurídico de las instituciones nacionales debe ser objeto de una atención especial.

No se olvide que dado nuestro sistema de organización social, la Universidad es por excelencia la escuela de donde salen a menudo nuestros políticos, nuestros principales hombres de gobierno, donde se reclutan los asesores técnicos de los servicios del Estado y también los altos funcionarios de la Administración. Fuera del interés general que para la buena orientación de una sólida preparación jurídica, representa el dominar bien la Constitución de la República, creo que el estudio histórico y jurídico de cada artículo, lo que importa seguir y tratar los principales problemas de la vida nacional, ofrece un valor educativo y moral que vale, por sí sólo tanto como el interés técnico que presupone el resto de la enseñanza.

Para dar una idea de la importancia de esta parte, acompaño un programa analítico, con el resumen de las cuestiones que podrían tratarse y que he desarrollado en mi libro sobre la *Constitución Uruguaya.*

XII

Enseñanza de la asignatura

Alguna vez se ha hablado de la pedagogía en la enseñanza superior y hasta es frecuente que al caracterizar la de algún profesor se diga que tiene mucha o poca o que carece de ella, que es poco "pedagógico", etc.

¿Hay una técnica de la enseñanza superior que permita hacer más accesible los conocimientos, y asimilable los conceptos? Y si existe, ¿sus principios o reglas son capaces de ser sistematizados y constituír una disciplina particular, — ciencia o arte, — en virtud de cuyo conocimiento queda habilitado el que la domine para realizar con éxito una aplicación eficaz?

Desde luego, — para fijar bien las ideas, conviene tener en cuenta el carácter que posee la enseñanza superior y sus fines y luego la calidad de los alumnos que la reciben.

Respecto del primer punto conviene recordar que la enseñanza superior es técnica, — no para formar el espíritu, como la enseñanza secundaria, — sino a los efectos de dominar un instrumento, de ejercitar una actividad profesional. Hay que enseñar para que los alumnos aprendan lo mejor y lo más, y para que sepan bien lo aprendido y estén en condiciones de utilizarlo.

En cuanto a lo segundo, o sea a la calidad de los alumnos, recuérdese que en las facultades, el término medio está formado por jóvenes de diez y ocho a veinticinco años, en la plenitud de su desarrollo intelectual, con una formación amplia (prescindamos de la deficiencia de nuestro sistema de estudios secundarios) y en condiciones de comprender la exposición del maestro que pueda interesarles.

En esta situación el profesor no tiene necesidad, de prodigar, los cuidados de un maestro de primeras letras, ni con las reservas con que debe procederse en secundaria.

Se dirige ya a hombres que quieren prepararse para el desempeño de una profesión y por lo tanto su misión se cir-

cunscribe a exponer ideas, enseñar doctrinas sin más aparato pedagógico que el que corresponde en toda exposición: 1.° caudal de saber sobre la base de la mejor información científica, 2.° orden en la exposición, 3.° claridad en los conceptos, 4.° elegancia si es posible llegar a ella por el vigor de las ideas y no por la retórica de las palabras. Toda la pedagogía estriba pués en este principio que acaso podría ser suscrito por Mr. de la Palisse "exponer del mejor modo posible, lo que se sabe que es posiblemente lo mejor".

No hay pués otros principios de pedagogía superior, distintos a los procedimientos de que nos valemos para trasmitir la verdad en cualquier orden de exposición.

¿Pero es que el conocimiento, la captación de la verdad es sólo accesible por este sistema único de la audición oral, y en la forma de exposición dogmática y que desde los siglos de la Edad Media, domina triunfante en las universidades y escuelas del derecho?

No se debe perder de vista que si el Derecho Constitucional es una ciencia, es también un arte. Y que en el aprendizaje de una y otro cabe la investigación de los principios, o la adquisición de su técnica, la cual sólo es posible a condición de intentarlo por la experiencia personal.

He aquí lo que yo estimo como más útil desde el punto de vista pedagógico único que admito: la incorporación de los alumnos a la obra directa del profesor, en la propia tarea de la investigación.

He aquí la pedagogía de la acción que es lícito ensayar, no en el remedo del proceso vital, — que es la deficiencia de la pedagogía primaria, especialmente en su deformación infantilizada, — sino en la aplicación consciente de la técnica, que convierte al alumno en colaborador y transforma la cátedra, — mera tribuna oratoria, en laboratorio fecundo de ideas, en campo de investigación de los principios, y doctrina capaz de encender los espíritus jóvenes en el sagrado y cálido amor de la verdad.

Se dirá acaso, — con cierto fundamento de razón, — que siendo casi materialmente imposible cumplir integramente un programa, es utópico intentar el ensayo de un esfuerzo

que poniendo a prueba las fuerzas del profesor, excedería por lo tanto, con más razón la de los alumnos.

Ni lo uno, ni lo otro. No propongo la absorción del curso en tentativas y ensayos de investigación excesivamente audaces o ambiciosos, ni el extravío del esfuerzo educacional en una obra personal de resultados discutibles.

Limítome a indicar como deseable y fácil de realizar al amparo de la cátedra, el funcionamiento de seminarios de investigación personal por los alumnos, sobre algunos puntos concretos del programa del curso.

El mal de nuestra enseñanza universitaria, — y la observación podría generalizarse acaso a buena parte de la América española, a juzgar por las opiniones que me ha sido dable conocer, consiste en el carácter pasivo, casi de mero espectador con que el alumno asiste al aprendizaje. A lo más, en los casos en que el profesor procura hacerlo intervenir de un modo más positivo, se reduce a interrogar sobre lo explicado, o lo que el discípulo ha leído. Pero no por eso desaparece la actitud de pasividad espiritual. En realidad el único resorte que entra en actividad como facultad extraordinaria es la memoria. Pero las otras calidades superiores de la inteligencia, la observación, la abstracción, "l'esprit de fénesse" que diría Pascal, la intuición, el don de generaliza ción y de inducción, la aptitud para seguir con toda justeza el desenvolvimiento de una idea, — no recibida por presión externa, sino silenciosamente forjada en la confrontación de la realidad, muy raras veces se ponen en ejercicio, porque la forma como se orienta la enseñanza las hace casi innecesarias. El profesor estudia y diserta de la mejor manera supongamos El alumno, escucha, con la mayor atención, imaginemos. A fin de año, después de un repaso minucioso de la materia contenida en uno o varios libros, el profesor interroga y el alumno contesta.

He aquí estilizado el esquema de una enseñanza que con las honrosas excepciones que puedan existir, constituye en el fondo el proceso de nuestra cultura universitaria. El maestro es sólo el "alto parlante" científico, el *speaker* cuya voz da forma a los conceptos esenciales que la ciencia ha elabo-

rado en su proceso secular. El alumno, repite, en la mejor forma lo que ha leído o lo que ha oído...

El resultado de una enseñanza fundada sobre este procedimiento tiende a crear necesariamente una deformación espiritual que es contraria al progreso científico, a la liberación indispensable del espíritu. Se forman los caracteres en una especie de servidumbre mental, aptos para aceptar como verdad incontrovertible la palabra del "magister" o la página del libro que se acaba de leer. La verdad, no vale entonces por si misma, sino por la autoridad del que la dicta, desaparece de ella el fermento vital que la anima y enciende, para convertirse en una cosa sin sentido, desde que se transporta evolucionada y perfecta; se agota el contenido de la vida, al hacer de la verdad, no una posible conquista, una creación espiritual que cada uno enciende y aviva al llegar a ella, sino una suma de hechos, carga y fatiga de cosas que se reciben por voluntad extraña y debilidad del poder de reacción individual.

Ninguna de las facultades profesionales, está más expuesta al proceso exaustivo que tal género de enseñanza presupone, como las facultades de Derecho. En Medicina el contacto de los fenómenos biológicos, físicos, químicos, el cuadro del hospital o de la clínica, renuevan en el contacto de la realidad la curiosidad y el interés del espíritu, poniéndole en el camino de la libre conquista de los hechos. Otro tanto podría decirse de sus ramas afines como también de las facultades de Ciencias Físicas y Naturales.

Pero en las de Derecho, la abstracción, que es la base de los estudios jurídicos, crea a menudo un divorcio entre la realidad y la idea. Se persiguen fórmulas, se desarrollan sus series, pero esto se realiza sobre un plano lógico, al que no llega la corriente vital. Se crea así una casta de teóricos y dogmáticos, de razonadores metafísicos, de lógicos audaces, pero a menudo de utópicos peligrosos en la acción, una de cuyas deformaciones podía ser en el siglo XVIII, esa categoría del espíritu jacobino que Taine ha analizado con justeza en los "Orígenes de la Francia Contemporánea", y que en el

siglo XX nos han dado los fanáticos de Marx y sus ensayos ideológicos en la Rusia Roja.

Urge renovar la enseñanza universitaria, despojarla de sus procedimientos vetustos, remozarla en contacto de la vida. Y ésa obra sólo podrá ser viable cuando la reforma empiece en la técnica misma. Y cuando a la actitud sumisa del alumno, espiritualmente receptiva, de subordinación y abandono a la sugestión oral del maestro se sustituya, una posición totalmente opuesta, de actividad heróica, de afanosa tensión dinámica, en que la finalidad o sea el conocimiento, se realiza sobre la base de la conquista propia, del descubrimiento, del ensayo, de la verificación.

Este programa de la Universidad futura — ideal quizá lejano — puede alcanzarse parcialmente aún manteniendo nuestro sistema vigente en la forma que ya lo he insinuado: por medio de la organización de pequeños grupos de seminario, fórmula práctica ensayada por los profesores Altamira y Posada en sus cursos en la Universidad de Oviedo, hace más de veinticinco años.

Un universitario argentino el Dr. Alfredo L. Palacios, en un libro reciente "Los Nuevos Métodos" (1) nos da cuenta del sistema de organización de seminarios iniciado al parecer con todo éxito en la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de la Plata.

El Consejo Académico organizó en 1920 una sección de trabajos prácticos que se denominó "seminario de investigaciones" y que fué reglamentado en 1921.

"El profesor debe intensificar la labor directa del alumno procurando que le imprima su sello personal y que de ella resulten conclusiones originales y adecuadas".

Estos trabajos prácticos comprenden: *Primero.* Investigaciones de carácter bibliográfico y documental. *Segundo.* Monografías. *Tercero.* Trabajo colectivo de seminario. Investigación distribuída entre varios, pero solidaria. La colaboración de todos es indispensable. *Cuarto.* Ejercicios prácticos

---

(1) *Alfredo L. Palacios* — «Los Nuevos Métodos» [in: «Revista de Ciencias Jurídicas y Sociales», Buenos Aires (La Plata), 1925, N.° 9, págs. 153 a 155].

de adaptación profesional que corresponden a los *"cursos prácticos"* de las universidades alemanas.

En lo que atañe al Derecho Público funcionaron en 1924 cursos de seminario sobre: "El Poder Judicial como guardián de la Constitución de las Provincias". "El Habeas Corpus". Su estudio y aplicación en nuestro derecho. "Historia del Derecho Argentino".

En 1925 funcionaron cursos sobre Derecho Público provin cial y Municipal bajo la dirección de Carlos Sánchez Viamonte, de Historia del Derecho Argentino dirigido por Jorge Cabral Texo, de Historia Constitucional por Adolfo Korn Villafañe.

La opinión de los profesores consultados es favorable a su práctica e implantación y el decano de la facultad reconociendo que hay todavía mucho que hacer en la obra emprendida, expresa su confianza en los resultados beneficiosos, que impondrá la transformación metodológica producida en la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.

¿Porque no intentar modestamente, pero con entusiasmo, entre nosotros, lo que consagra la experiencia ajena?.

Conclusiones

Del examen de nuestra tradición universitaria tenemos que la enseñanza del derecho constitucional ha seguido el movimiento de las ideas de la época y que se ha caracterizado por una saludable tendencia liberal, anticipando soluciones.

De la revisión de la doctrina y de los hechos políticos de los estados modernos resulta un doble desconcierto ideológico reconocido por los maestros y los políticos contemporáneos.

La enseñanza del Derecho Constitucional exige un estudio atento de los procedimientos metodológicos.

El único método científico — es buscar en la propia ciencia un método propio. — En el derecho constitucional, sería el histórico jurídico.

Hay que hacer el estudio jurídico del Estado, observar el movimiento histórico y el desenvolvimiento sociológico y el de las fuentes de nuestra Constitución.

En la enseñanza superior, debe procurarse hacer accesible la aplicación de los métodos y la técnica de la investigación.

Fundo en esta última proposición, una esperanza, acaso algo lejana, de renovación de la función universitaria, demasiado restringida a la finalidad de la técnica profesional.

Una cátedra debe ser un laboratorio de ideas, orientada por el método científico, ya que desde su punto de vista pragmático, es como lo ha dicho uno de los maestros de esta ciencia: (1) "una forma de pensar hablando y participar desde las aulas en la humana tarea de batallar por la verdad".

Montevideo, Setiembre 17 de 1926.

---

(1) *Posada.*

Programa de Derecho Constitucional, 1.er año

I. —El Derecho Constitucional

Concepto del derecho, su división. Derecho privado y público. El Derecho Constitucional. Posición de esta disciplina en las Ciencias Sociales. Su relación con otras ciencias. Contenido y fuentes del Derecho Constitucional.

II. — La Sociedad, el Estado y el Individuo

1. — La Sociedad. El Estado: sus elementos. Naturaleza del Estado. Las diferentes teorías sobre el Estado: *a*) teorías que asignan al estado un carácter objetivo predominante, *b*) teorías que asignan al Estado un carácter subjetivo predominante, *c*) teorías jurídicas del Estado. Justificación y fines del Estado.

II. — Condición jurídica de los elementos del Estado. Los órganos del Estado: clasificación y condición jurídica del órgano. Funciones del Estado. Estructura del Estado. Formas del Estado.

III. — Los derechos individuales. Igualdad civil. La libertad individual. La libertad de pensamiento, de enseñanza, de trabajo, de reunión, de asociación, de imprenta, otras libertades. Las obligaciones positivas del Estado. Resistencia a la opresión. Declaraciones y garantías de derechos.

III. — La Soberanía

I. Noción de la Soberanía. El proceso de las ideas hasta Rousseau: Aristóteles, Suárez, Grocio, Bossuet, Hobbes, Locke. El Contrato Social. Kant, De Maistre. La escuela doctrinaria. Las nuevas teorías: Duguit. Examen crítico del principio de la soberanía nacional.

II. La soberanía y el acto constituyente. Las Constituciones: concepto material y formal de las mismas. El Derecho

natural y las Constituciones. Origen de las Constituciones escritas. Carácter jurídico de las Constituciones, sus diferencias con la ley ordinaria. Constituciones rígidas y flexibles. Limitaciones y forma del acto constituyente.

IV. — El Sufragio

I. Idea de la Representación. El mandato representativo. El mandato imperativo. El referéndum. El sufragio, su naturaleza, las teorías. Obligatoriedad y extensión. El sufragio universal. La mujer ante el sufragio.

II. Derechos políticos de los extranjeros. Igualdad civil e igualdad política. Ciudadanía obligatoria.

III. Procedimientos para el sufragio. Elección directa e indirecta. Voto público y secreto. El Registro Cívico: formas de organizarlo.

IV. Sistemas electorales. Régimen mayoritario. Representación de las minorías. Representación de los intereses. Representación proporcional. Idea general de las fórmulas modernas sobre organización electoral.

V. — Teoría de Gobierno

Formas de gobierno. División de Aristóteles. Ideas de Montesquieu. Monarquías. Repúblicas. El gobierno cesareo, el gobierno representativo, el gobierno directo y semi directo. El referéndum. El principio democrático.

VI. — Teoría de la separación de los poderes

Importancia de esta teoría. Los predecesores de Montesquieu: Aristóteles. El derecho natural. Montesquieu. Examen crítico de la doctrina de Montesquieu. Kant. Ideas modernas. Como es menester distinguir los poderes. Funciones principales del Estado. La separación de los poderes con relación a las formas del Estado. Presidencialismo y Parlamentarismo.

VII. — El Poder Legislativo

I. El Poder Legislativo. Formas de organización. Unicameralismo y bicameralismo. Origen y desarrollo del bicameralismo. Carácter representativo de ambas Cámaras. Reglas generales sobre organización de la Cámara de Representantes y el Senado. Estudio comparativo: número, forma, elección, duración, remuneración, sustitución. Responsabilidad.

II. El Poder Legislativo y el poder constituyente.

La ley constitucional y la ordinaria. Leyes inconstitucionales. Estudio comparativo: Inglaterra, Francia y Estados Unidos. Formas de organizar el ejercicio del recurso de inaplicabilidad de las leyes inconstitucionales.

III. Atribuciones del Poder Legislativo. Funciones propias: *a*) en materia de derecho interno; *b*) en materia de derecho internacional. Funciones de ingerencia en el ejercicio del Poder Ejecutivo: la guerra y la paz. Funciones de ingerencia en el Poder Judicial: la amnistía y el indulto. Funciones electorales. El juicio político, caracteres de esta función. Origen, naturaleza y eficacia. Modo de organizarlo.

IV. Incompatibilidades parlamentarias. Inmunidades, fundamento y alcance. Privilegio de arresto. Irresponsabilidad legal. Breves nociones de derecho parlamentario. La Constitución de las Cámaras, calificación de poderes, elección de mesas. Comisiones. Discusión. Votación. Poder disciplinario y penal de la Cámara. Periodicidad de las sesiones. Asamblea General. La Comisión Permanente.

V. Formación de las leyes. Su iniciativa. Elaboración. Sanción, promulgación y publicación. En que consiste la función legislativa. El veto.

VIII. — El Poder Ejecutivo

I. El Poder Ejecutivo: Su naturaleza. Formas de organizarlo: unidad, pluralidad. Duración, constitución y sustitución. Reponsabilidad.

II. Facultades ordinarias del Poder Ejecutivo: facultades

propias: de ingerencia en el Poder Legislativo; de ingerencia en el Poder Judicial. Facultades extraordinarias: ley marcial, estado de sitio, medidas prontas de seguridad. Limitaciones a las facultades ordinarias y extraordinarias.

III. Los Ministros. Carácter de la institución. Su origen e importancia. Los Ministros en el régimen parlamentario y en el régimen presidencial. Condición y atribuciones de los ministros. Responsabilidad ministerial.

IX. — El Poder Judicial

El Poder Judicial. Su naturaleza. El Poder Judicial como poder de estado. Facultades del Poder Judicial.

II. Organización de los Tribunales. Tribunales colegiados y unipersonales. Medios de asegurar la independencia del Poder Judicial: inamovilidad, remuneración. Modos de integrar el Poder Judicial. Elección directa e indirecta. El Jurado. Su origen.

X. — Gobierno local

Principios de administración local. Centralización y descentralización administrativa. Naturaleza del Gobierno Municipal. Relaciones con el Gobierno Nacional. Organización; cuerpos deliberantes; autoridad ejecutiva; autoridad judicial, calidades, duración, elección, sustitución, responsabilidad.

Programa de Derecho Constitucional, 2.° año

PRIMERA PARTE

EL DERECHO CONSTITUCIONAL CONTEMPORÁNEO

I

Tipos de régimen representativo puro

a) *Parlamentario monárquico*

Inglaterra

1. — Los orígenes del siglo XI al XVI. Clases sociales. Los barones, pares, caballeros y burgueses. El Parlamento. Los Tudores. Extinción de la nobleza feudal. La evolución constitucional del siglo XVI al XVII. La gentry. Los yeomen. Los trabajadores rurales. Las dos revoluciones.

2. — La Inglaterra del siglo XVI al XVII. Régimen social. La oligarquía y el régimen parlamentario. Los latifundios. La grande industria y la manufactura. Evolución democrática y la reforma administrativa.

* 3. — Fuentes y espíritu de la Constitución Inglesa. La Corona. El Gabinete y los Ministros. Su origen. La Cámara de los Comunes, procedimientos y organización. Facultades legislativas y de control. La Cámara de Lores. La reforma de 1917. Las cortes de Justicia. El régimen local.

* 4. — Los partidos políticos. Aristocracia y democracia, El imperio Británico y las Colonias: Australia, Nueva Zelandia y Canadá.

b) *Parlamentario republicano*

Francia

* 5. — Las causas principales de la revolución. Las ideas políticas en el siglo XVIII. Turgot y los fisiócratas. La

Asamblea de Notables. Convocación de los Estados Generales.

6. — Las constituciones revolucionarias. Abolición del régimen feudal. La organización administrativa y judicial. Los derechos individuales. La Constitución del año III. Su aplicación. El Consulado decenal y el Consulado a vida. Las constituciones del imperio.

7. — La Restauración. Monarquía de Julio. La Segunda República. El Segundo Imperio y el Imperio Liberal. La tercera República.

* Las leyes constitucionales de 1875, sus fuentes y caracteres generales.

* 8. — El Parlamento. Composición y organización. Atribuciones legislativas y gubernamentales. El Presidente de la República. Los Ministros y el Gabinete. Los Partidos. El Gobierno y la Administración local. Las finanzas. El Poder Judicial. La justicia política. El órgano de la Revisión Constitucional, poderes y competencia. La opinión pública. Los resultados de la Democracia en Francia.

c) *Presidencial*

Estados Unidos

9. — El régimen colonial americano. Gobiernos provinciales, de propietarios y reales cartas. El derecho común. La declaración de Independencia.

10. — Confederación. Relaciones entre las Colonias. Propósitos de Unión. El "Stamp Act Congress". Los dos Congresos Continentales. Poderes del Gobierno Congresional y artículos de la confederación. Las Constituciones del Estado.

* 11. — La Convención Constitucional. Las tendencias. Aceptación de la Constitución por los Estados. Los poderes constitucionales. La separación. Organización y facultades de los poderes, Ejecutivo, Legislativo y Judicial. Restricciones del sistema federal. Gobiernos de territorios. Adiciones y enmiendas.

* 12. — Gobierno Municipal. Tipos de organización local.

13. — Los partidos políticos. Alteración del régimen: el funcionamiento actual del gobierno nacional y del gobierno de los Estados. El Gobierno de los jueces. Congresionalismo y presidencialismo. La opinión pública. Movimiento a favor de nuevas reformas.

II

Tipos de régimen semirepresentativo

a) *Ejecutivo agente*

Suiza

* 14. — Orígenes de la Constitución. La Confederación y los Estados. Poderes Constitucionales. Formación, Composición y organización del Consejo Federal. Los Ministros. El Poder Legislativo. El referendum. Las autoridades cantonales. El régimen local. Los partidos políticos. La opinión pública.

b) *Parlamentario*

Alemania

15. — Breve idea del régimen imperial alemán en el siglo XIX. La Constitución de 16 de Abril de 1871 y las reformas de 1918. Caída del antiguo régimen.

* 16. — Asamblea Nacional Constituyente, su composición. La Constitución provisoria de 10 de Febrero de 1919. El estatuto territorial y el país, repartición de competencias. La estructura política y jurídica del Reich.

17. — El sufragio. El Reichstag. El Presidente del Reich. El Canciller y los Ministros. Los derechos y deberes fundamentales. Constitución, economía y socialización.

III

Tipos de régimen constitucional maximalista

Rusia

18. — Idea general de la organización de la República de los Soviets.

SEGUNDA PARTE

LAS FUENTES DEL DERECHO PÚBLICO HISPANO-AMERICANO

I

Los orígenes precoloniales

España

19. — El feudalismo en España: su origen y desarrollo. Las clases sociales: elementos germánicos y no germánicos. Behetrías. El poder central: la monarquía, los Consejos centrales. Las Cortes. La Administración provincial. La legislación: el derecho foral, los Códigos, recepción del derecho romano.

20. — Consolidación del Poder Real. Crisis de las fuerzas populares. Los Consejos Reales, la Iglesia y el Estado. La legislación de Castilla. Universidades y legistas. Las reformas de Carlos III.

* 21. — La Constitución de Bayona. Las cortes de Cádiz y la Constitución de 1812. Breve noticia de la evolución constitucional en el siglo XIX.

II

Período colonial

* 22. — La organización política de las colonias hispano americanas: La Casa de Contratación: organización y atri-

buciones. El Consejo de Indias: Adelantados. El Virrey. Las Audiencias. Los Cabildos. Gobernadores. Corregidores y Alcaldes Mayores. Consulados. Las Juntas de Real Hacienda.

* 23. — El derecho indiano. Concepto general de la formación legislativa. Disposiciones particulares, generales y ordenanzas. Leyes de Indias: breve examen de su contenido desde el punto de vista del derecho público. La legislación en el siglo XVIII. Reglamento del comercio libre 1778. Real Ordenanza de Intendentes 1782. Real Cédula erigiendo el Consulado 1794.

24. — Estructura social del Virreinato del Río de la Plata. Los elementos étnicos. Las castas sociales. Fueros personales. Repartimientos. Encomiendas. Las Misiones. El estado social como causa de la revolución. La independencia de Estados Unidos. Las ideas del siglo XVIII y la Revolución Francesa. La política inglesa de 1785 a 1810.

III

El régimen provincial ríoplatense

25. — Descomposición del régimen colonial. La Junta de 25 de Mayo de 1810. Ideas de Mariano Moreno. El Triunvirato, el reglamento provisorio del 22 de Octubre de 1811. La Asamblea de 1812. El Segundo Triunvirato. La Asamblea de 1813 y los diputados de la Banda Oriental. El Directorio. El Estatuto de 1815.

26. — El Congreso Constituyente de Tucumán 1816. Estado político del Antiguo Virreinato. La obra del Congreso en Tucumán y Buenos Aires. Trabajos Constitucionales. Reformas del Estatuto de 1817. La Constitución de 1819.

* 27. El año XX. Anarquía y caudillaje. El federalismo. Rivadavia y la Constitución de 1826. La revolución de la Provincia Oriental. La Junta de Representantes de la Provincia Oriental. La Convención preliminar de paz de 1828.

IV

El régimen constitucional hispanoamericano

a) *La sociedad*

28. — La raza conquistada y la conquistadora, sus caracteres psicológicos. El negro y el mestizo. La vida colonial en el siglo XVIII. Transformación en el siglo XIX. Aspecto económico y político de las luchas por la Independencia. La ideología revolucionaria. Los caudillos y la democracia. La dictadura. Formas de la anarquía. La ideología política.

b) *El Estado*

29. — Organización de los nuevos estados. El régimen federal y el unitario: sus orígenes. Bolívar: su obra. Confederación Americana. El Congreso de Panamá 1826.

30. — Tipos constitucionales que han influido en la formación de la Constitución Nacional. La Constitución de Bolivia de 1826. Su adopción por el Perú. Constitución de Chile de 1828. Sus antecedentes. La Constitución de Colombia de 1827. La Constitución Imperial del Brasil. Idea sumaria de las nuevas constituciones.

V

La Constitución Nacional

* 31. — La Asamblea Legislativa y Constituyente de 1829. Composición, hombres, ideas políticas, constituciones que se tuvieron en cuenta. El gobierno provisorio. Evolución política nacional. Caudillismo. Militarismo. Partidos políticos. El gobierno civil. Comentadores de la Constitución.

* 32. — La reforma Constitucional. Su proceso. La Con-

vención Constituyente de 1917. Situación del país al abordarse la reforma. Elaboración de la Constitución. Representación de las minorías. Representación proporcional. Autonomía local. Colegialismo y Presidencialismo.

* 33. — La Constitución Nacional. Comentario de sus disposiciones comprendiendo: *a*) origen. *b*) teoría. *c*) sus aplicaciones e interpretaciones más importantes. Leyes orgánicas. Administración local.

Instrucciones

Las bolillas señaladas con un asterisco deben ser objeto de un estudio más minucioso entendiéndose por tal el conocimiento detallado de las mismas.

En las restantes — y sin perjuicio de la orientación y extensión que el profesor crea prudente darles — bastará que el alumno demuestre un conocimiento general de la asignatura, atendido a que la finalidad de las mismas es trazar el cuadro histórico del desenvolvimiento jurídico de las instituciones actuales.

Respecto de la Constitución Nacional, deberá hacerse el estudio particular de su articulado, explicándose el origen de cada disposición según la discusión constitucional, la teoría jurídica y las aplicaciones más importantes o interpretaciones de que hayan sido objeto.

El profesor podrá — con la autorización del Decano de la Facultad — limitar el curso de la primera parte del programa o sea la del derecho constitucional contemporáneo, pero deberá desarrollar siempre la parte relativa a las fuentes de la Constitución y Constitución Nacional.

Programa analítico

de un curso

sobre la Constitución Nacional

SECCIÓN I

CAPÍTULO I

Artículo 1.o *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Opinión de Masini. — § 2. Discurso en la Constituyente de 1829. — Observaciones de los señores Gadea, Ellauri y Miguel Barreiro. — § 3. Palabras del Constituyente señor Costa. — § 4. Interpretación de la palabra «Territorio» en las disposiciones de carácter interno, según Huneeus. — § 5. Proyectos en la Constituyente de 1917 proponiendo la modificación del nombre del estado. Proyecto del doctor Alfredo Vásquez Acevedo. — § 6. Proyecto de los señores Constituyentes Frugoni y Mibelli, doctor Azarola y Aréchaga. — § 7. Sustitución de la palabra «estado» por «república». Origen del nombre, opinión del doctor Melián Lafinur. — § 8. Porque no se señalaron los límites del Estado en 1829. — § 9. Supresión de las palabras «diez y nueve». Opinión de Alberdi sobre el artículo 1.o de la Constitución de 1830. Moción del doctor Beltrán. — § 10. Constituciones que determinan el territorio.

Art. 2.o *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Discusión del artículo en la Constituyente de 1829. — § 2. Corrección del artículo 2.o en 1917. — § 3. Origen del artículo 2.o en la Constitución Española de 1812. — § 4. Su valor como ratificación de la declaratoria de la independencia. — § 5. El proyecto de neutralización de don Cándido Joanicó en 1859.

Art. 3.o *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1.

El artículo 3.º de la Declaración de los derechos del Hombre y del Ciudadano de 1789. — § 2. Alcance de este artículo. — § 3.º Ingreso de los señores Joaquín Errasquín y don Vicente Nubel como suplentes de los Senadores por Montevideo y Soriano.

CAPÍTULO II

Artículo 4.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Que quiere decir «radicalmente» según Ellauri. — § 2. Opinión del constituyente señor García. — § 3. Discusión en la Constituyente de 1829. — § 4. Concepción de la personalidad de la nación. — § 5. Importancia del artículo 4.º. — § 6. Las constituciones de la post-guerra y el principio de la soberanía. — § 7. El principio de la soberanía excluye la aplicación del de la Representación Proporcional?

Art. 5.º *Concordancias.* — § 1. Fórmulas sobre la redacción del artículo 1.º en la Constituyente de 1829. — § 2. El propósito del legislador según Ellauri. — § 3. Tendencias a imponer la religión católica como exclusiva del Estado. — § 4. La tendencia liberal. — § 5. La libertad de conciencia y el proyecto de don Francisco J. Muñoz en la Junta de Representantes de la Provincia Oriental. — § 6. El Patronato. — § 6 bis. El Patronato en la Constituyente de 1829. — § 7. Aplicación de la doctrina del Patronato en 1848, 1857. — § 8. Conflicto entre el Vicario Apostólico y el gobierno de don Bernardo Berro. — § 9. Aplicación de la doctrina del Patronato en 1911. — § 10. Artículos de la Constitución de 1830 que rigen las relaciones del Estado con la Iglesia. — § 11. Discusión en la Constituyente de 1917. — § 12. Situación jurídica de la Iglesia en el régimen de separación. — § 13. Exoneración del impuesto a los templos. — § 14. ¿Subsiste la Iglesia en su carácter de persona jurídica después de la separación consagrada por la Constituyente de 1917?

SECCION II

De la ciudadanía y sus derechos, modo de suspenderse y perderse. — § 1. Enmiendas y adiciones a la Sección II, Capítulos I, III y IV de la Constitución de 1830. — § 2. Informe de la Comisión de Constitución.

CAPÍTULO I

Artículo 6.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Observaciones en la Constituyente de 1829. — § 2. Modificación introducida en 1917.

Art. 7.º *Concordancias.* — § 1. Modificación al artículo de acuerdo con la 3.ª enmienda, Sección II, Capítulo I, propuesta por la Comisión. — § 2. Confusión de nacionalidad y ciudadanía. — § 3. Opinión del doctor Aréchaga. — § 4. Ciudadanía natural de los hijos de padre o madre oriental, opinión del doctor Vásquez Acevedo.

Art. 8.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Dificultades de interpretación debida a la redacción de este artículo en la Constitución de 1830. — § 2. Moción de Zudáñez. — § 2 bis. Supresión de « los extranjeros que en calidad de oficiales » etc. y sustitución de « ciudadanos legales son » por « tienen derecho a la ciudadanía legal ». — § 2 bis. El extranjero divorciado. — § 3. La ciudadanía debe ser voluntaria. — § 3 bis. ¿Podría el Presidente vetar la ley en que por gracia especial de la Asamblea se otorgara la ciudadanía a una persona por servicios o méritos relevantes? Opinión de Huneeus. — § 4. Solicitud del Presbítero don Juan B. Ramírez en 1835 para que se le conceda la ciudadanía. — § 5. ¿Los cuatro años de residencia debían contarse antes o después de la Jura de la Constitución?. — § 6. Discusión de la ley sobre ciudadanía en las Cámaras del 53. Interpretación de la ley anterior en las Cámaras de 1861. — § 7. Proyectos de Bustamante sobre ciudadanía y registro cívico en 1857. — § 8. Pro-

yecto de los señores Isaac de Tezanos y Vicente Garzón en 1873. — § 9. Discusión en la Cámara de 1874 sobre si militares extranjeros deben tomar carta de ciudadanía. Proyecto de don Bernabé Rivera. — § 10. Ley 20 de Junio de 1874. — § 11. Proyecto de los señores M. Aguirre y Urbano Chucarro. — § 12. Proyecto de don Vicente M. Piñeiro. — § 13. Proyecto sobre ciudadanía obligatoria del señor Batlle y Ordóñez en 1893. — § 14. Proyecto del doctor Palomeque en 1894. — § 15. Proyectos presentados al Consejo de Estado en 1898 por los doctores Acevedo y Aréchaga. — § 16. Proyecto del señor Pereda. — § 17. Proyecto sustitutivo de la Comisión de Legislación. — § 18. Proyecto del doctor Manini en 1908. — § 19. Observaciones del P. E. — § 20. Proyecto del doctor Frugoni. — § 21. Proyecto sobre que la adopción de la ciudadanía uruguaya implica la adopción de la nacionalidad sin renuncia de la de origen. — § 22. Ley sobre ciudadanía legal de 1927. La adopción de la ciudadania uruguaya no importa renuncia a la nacionalidad de origen.

CAPÍTULO II

Artículo 9. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Concepciones sobre la naturaleza del sufragio. — § 2. Discusión en la Constituyente de 1829. — § 3. Enmiendas propuestas en 1917 por la Comisión de Constitución.

Art. 10. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Proyecto del doctor H. Miranda. Su inconstitucionalidad. — § 2. Las opiniones en la Comisión de Constitución. Discusión en la Constituyente de 1917. — § 3. La discusión particular: quórum requerido para la concesión del voto a la mujer. — § 4. Iniciativas legislativas favorables al voto femenino. — § 5. Las modernas constituciones europeas.

Art. 11. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano. — § 2. Origen del artículo 11. — § 3 Alcance de

esta disposición según el doctor Joaquín V. González. — § 4. ¿Puede optarse a los empleos no siendo ciudadano? Opinión del doctor Agustín de Vedia.

Art. 12. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Fuentes del artículo 11: proyecto del doctor Vásquez Acevedo y constituyentes nacionalistas. § 2. Enmiendas que se incorporaron al artículo 11 en 1917. § 3. Proyecto de Díaz en 1863 atribuyendo a los Alcaldes Ordinarios la intervención en las causas de los artículos 11 y 12 de la Constitución.

SECCION III

De la forma de gobierno y sus diferentes poderes

Artículo 14. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Opinión de Ellauri. — § 2. El artículo 20 de las Instrucciones del año XIII. — § 3. La fórmula democrática representativa en la Legislatura de 1826. — § 4. Origen de la disposición. — § 5. Alcance del mismo artículo en la Constitución Argentina según el doctor Montes de Oca. — § 6. Análisis del sistema político según el constitucionalista Daniel Webster.

Art. 15. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* § 1. Origen de este artículo. — § 2. ¿Qué extensión tiene el ejercicio de la soberanía por medio de los poderes? — § 3. El poder administrador. — § 4. Como debe entenderse el principio de la separación. — § 5. Comunicación del Senado al P. E. en 1914.

Art. 16. *Concordancias.* — § 1. Opinión de Huneeus. — § 2. Artículos de la Constitución sobre las facultades de ingerencia del P. E. en el P. Legislativo.

Art. 17. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Discusión de este artículo en la Constituyente de 1829. — § 2. Antecedentes constitucionales argentinos. — § 3. Fórmula del doctor Frugoni. — § 4. Discusión en la Constituyente de 1917. — § 5. Las Constituciones modernas y el

bicameralismo. — § 6. La opinión de los juristas americanos sobre el bicameralismo.

Art. 18. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Significado de la palabra compete. No excluye la iniciativa del Poder Ejecutivo, ni es exclusiva la enumeración. — § 2. Opinión del Dr. Juan Carlos Gómez. — § 2. bis. Iniciativa de Chucarro en 1835, sobre actos del Poder Ejecutivo que necesitan sanción de las Cámaras. — § 3. ¿Puede el Poder Legislativo ordenar el pago de un crédito que se reclama por un particular contra el Estado? — § 4. Proyecto del Poder Ejecutivo sobre nulidad de los contratos que importen erogación de rentas. — § 5. Incompetencia de la Cámara en asuntos contencioso - administrativos. — § 6. Es privativo del Poder Judicial resolver los conflictos entre los particulares y el Poder Ejecutivo. Discusión en las Cámaras de 1874. — § 7. La facultad de arrendar del Poder Ejecutivo no se extiende a un término mayor al período de administración en el que se hace el arrendamiento. Veto y discusión en la Asamblea General en 1897. — § 8. Proyecto prohibiendo demandar al Estado sin previa autorización del Poder Legislativo.

Art. 18, inc. 1.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Necesidad de los Cuerpos Legislativos de confiar la confección de códigos a especialistas. — § 2. Opinión del doctor Melián Lafinur. — § 3. Como se sancionaron los Códigos Civil y de Comercio.

Art. 18, inc. 2.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Redacción primitiva en el Proyecto de 1829. — § 2. Qué debe entenderse por «establecer».

Art. 18, inc. 3.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Primitiva redacción de este inciso. — § 2. Alcance de la disposición. — § 2 bis. Fomento de la ilustración. Fomento del comercio. — § 3. Aprobación de los actos del Gobierno Provisorio en 1854 y del Gobierno del General Flores: Cámaras del 69. — § 4. Aprobación de los actos del Gobierno de Latorre: Cámaras del 76. — § 5. Proyecto del doctor Sienra Carranza declarando válidos los actos

del Gobierno Provisorio. — § 6. Proyecto del Senador Lenzi sobre validez de los actos legislativos del Consejo de Estado.

Art. 18, inc. 4.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Redacción del inciso en el proyecto de 1829. — § 2. Definición del presupuesto. — § 3. Naturaleza jurídica del presupuesto. — § 3 bis. ¿El presupuesto es una ley o varias leyes? — § 4. Como debe tratarse. — § 5. Procedimientos parlamentarios para facilitar su sanción en Francia, Inglaterra, Estados Unidos. — § 6. Origen de principio de la anualidad del presupuesto. — § 6 bis. Como debe entenderse la cláusula, *presupuesto de gastos.* — § 7. ¿El año a que se refiere es el civil o el económico? — § 8. No compete a las Cámaras reunidas recibir el presupuesto. — § 9. Duración del año económico. — § 10. Época de su presentación. — § 11. Trasposición de rubros. — § 12. Autorización para efectuar trasposiciones de rubros. — § 13. Observaciones del doctor Espalter. — § 14. Veto del presupuesto. Proyecto del doctor Aragón y Etchart. Su inconstitucionalidad según el doctor Juan A. Ramírez. — § 15. Caso de que las Cámaras desaprueben el presupuesto.

Art. 18, inc. 5.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Importancia de la facultad conferida en este inciso. — § 2. La rendición de cuentas debe hacerse anualmente. — § 3. Naturaleza de la función según Huneeus. — § 4. Consagración de las facultades constitucionales sobre contralor del presupuesto.—§ 5. Ley de 13 de Febrero de 1830 creando la Comisión de Cuentas. — § 6. Proyecto de 1832. — § 7. Las funciones de la Comisión de Cuentas se encargan a la Comisión Permanente en 1834. — § 8. Ley 13 de Julio de 1853. — § 9. Proyecto de don A. Bachini: no entrará en vigencia la ley de presupuesto sin previa aprobación de las cuentas enviadas por el Poder Ejecutivo. — § 10. Derogación de la ley de 21 de Julio de 1853. — § 11. Integración de la Comisión de Cuentas según el principio de la Representación Proporcional.

Art. 18, inc. 6.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.*

— § 1. Facultad de contratar empréstitos. — § 2. Contratación del empréstito en 1926.

Art. 18, inc. 7.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Discusión sobre este inciso en la Constituyente de 1829. — § 2. El reconocimiento de los gobiernos extranjeros es atribución de la Asamblea General. Antecedentes legislativos en 1845. — § 3. La enajenación o arrendamiento de tierra hecha por el Poder Ejecutivo con naciones extranjeras requiere venia legislativa. — § 4. Reconocimiento del nuevo título de Rey de Italia en 1862. — § 5. Facultad de la Asamblea General para dictar las reglas a las cuales debe ajustarse el Poder Ejecutivo en la celebración de tratados internacionales. — § 6. ¿Los tratados de Paz que celebre el Poder Ejecutivo en los casos de guerra civil deben ser sometidos a la aprobación de la Asamblea General? Opinión del doctor Herrera y Obes en la Comisión Permanente de 1897. — § 7. Antecedentes parlamentarios de 1904.

Art. 18, inc. 8.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. La discusión constitucional en 1829. — § 2. Como debiera cumplirse el presente inciso.

Art. 18, inc. 9.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. La discusión constitucional en 1829. — § 2. Modificación en la revisión de 1917. — § 3. Representación en el Senado de departamentos recién creados.

Art. 18, inc. 10. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Concepto de moneda.

Art. 18, inc. 11. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Discusión en 1829. — § 2. Entrada de tropas brasileñas en 1854. — § 3. Modificación de la redacción en 1917.

Art. 18, inc. 12. *Concordancias. Antecedentes legislativos.*

Art. 18, inc. 13. *Concordancias. Antecedentes legislativos.*

Art. 18, inc. 14. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. El debate constitucional de 1829. — § 2. « Amnistía » e « indulto ». — § 3. Finalidad de la amnistía. — § 4. Efectos de la amnistía. — § 5. ¿La facultad de indultar alcanza a las penalidades en materia de impuestos?

Art. 18, inc. 15. *Concordancias. Antecedentes legislativos.*

Art. 18, inc. 16. *Concordancias. Antecedenles legislativos.* —§ 1. La residencia de los poderes durante la Independencia.—§ 2. Origen del artículo según el doctor Melián. — § 3. Indicación de Berro en 1837 para que se declarara a Montevideo capital de la República. — § 4. Proyecto del Senador don Antonio Domingo Costa en 1853 para que se trasladara la Capital al pueblo de San Pedro del Durazno.—§ 5. No existiendo una ley especial que lo declare ¿puede considerarse Montevideo cómo la Capital? Antecedentes parlamentarios de 1912.—§ 6. Opinión del doctor Massera. — § 7. Opinión del doctor Pedro Díaz. — § 8. Observación del señor Arocena en la Constituyente de 1917.

Art. 18, inc. 17. *Concordancias. Antecedentes legislativos.*— § 1. Aclaración del artículo en la Constituyente de 1829. — § 2. Opinión del doctor Juan Carlos Gómez. 2 bis. ¿La fundación de bancos no emisores debe ser aprobada por el Estado? — 3. Tesis del doctor Barbagelata. — § 4. Jurisprudencia del Tribunal de Apelaciones de 2.º Turno.— 5. ¿Pueden fundarse Bancos de Estado? Opinión de Carlos M.ª Ramírez. — § 6. Interpretación del inc. 17 del artículo 18 en el Senado de 1922. — 7. ¿Las cajas populares Rurales son Bancos?

Art. 18, inc. 18. *Concordancias. Antecedentes legislativos.*— § 1. Criterio interpretativo.

Art. 18, inc. 19. *Antecedentes legislativos.* — § 1. Supremacía del P. Legislativo.—2. Indicación del doctor Secco Illa en la Constituyente de 1917. -- 3. Conflicto de jurisdicción en 1924.

CAPÍTULO II

Artículo 19. *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Ventajas de elección popular. — § 2. Régimen del sistema provincial. — § 3. Opiniones de los Constituyentes en 1829. — § 3 bis. Modificación de la fórmula de la Co-

Art. 25, inc. 2.º *Concordancias. Antecedentes legislativos.* — § 1. Discusión en la Constituyente de 1829. — § 2. Modificación de 1917. — § 3. ¿Quién constituye parte en el juicio político? — § 4. El juicio político en 1853. Proyecto del doctor Juan C. Gómez. — § 5. Juicio político a don Manuel Acosta y Lara 1854. — § 6. Juicio político al P. E.: iniciativa de don F. Torres 1856. — § 7. Juicio político a varios Senadores 1863. — § 8. Juicio político al Presidente y al Ministro de Hacienda 1874 — § 9. Solicitud del General Santos para que se le inicie juicio político 1886. — § 10. Juicio político al Presidente de la República 1920.

Art. 26 al 51. *Concordancias.*

CAPÍTULO III

Artículo 52. *Cancordancias.* — § 1. Interpretación en cuanto al valor de la palabra *receso.* — § 2. Ley 15 de Julio de 1912.

Art. 53. *Concordancias.*

Art. 54. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de ley interpretativa de sus facultades en 1832. — § 2. Observaciones de la C. Permanente al P. E. por violación de la Constitución en 1834; en 1872 en la negociación de paz entablada con las fuerzas revolucionarias; en 1872 al prorrogar el presupuesto; en 1873 al designarse en el exterior Agente Confidencial al ex Ministro de R. E.; en 1875 observando al P. Judicial la inconstitucionalidad de la destitución de oficio de don Pedro Díaz; en 1880 al ordenarse la reconcentración al Mercado de los puestos; en 1897 por violación de la Constitución. — § 3. La memoria de la Comisión Permanente no puede ser sometida a discusión. Precedentes de 1835. — § 5. Tiene facultad para citar la A. General en los casos de violación de la Constitución por el Poder Judicial a los efectos del juicio político.

Art. 55. *Concordancias.* — § 1. Facultades de la Comisión Permanente para convocar a Asamblea General.

Art. 56. *Concordancias.* — § 1. ¿Tenía facultades la Comisión Permanente de conceder la venia constitucional para aceptar y usar condecoraciones extranjeras? Precedente de 1911.

SECCION VI

CAPÍTULO I

Artículo 57. *Concordancias.*

Art. 58. *Concordancias.* — § 1. ¿Puede una Cámara tomar en consideración un proyecto sancionado por otra hace treinta años? Reclamos de la sucesión Robillard en 1896 contra el Estado. — § 2. Reconsideración de un proyecto de ley ya sancionado pero no comunicado a la otra Cámara.

Art. 59. *Concordancias.* — § 1. Habiéndose aprobado sólo algunas modificaciones hechas por una Cámara a un proyecto remitido por la otra, el asunto debe pasar a la A. G. Antecedente de 1835. — § 2. Discusión en las Cámaras de 1873 sobre el trámite de los asuntos que hayan sufrido rechazo en una de las Cámaras. — § 3. Antecedentes legislativos de 1900 con motivo de la sanción de la Ley de Presupuesto por el Senado, introduciendo éste una facultad opuesta a la doctrina de la de Representantes y modificación ulterior de la Comisión de Presupuesto.

Art. 60.

Art. 61. *Concordancias.*

Art. 62. *Concordancias.* Informe de la Comisión de Legislación en 1873, en la nota del P. E. devolviendo con observaciones la ley interpretativa del artículo 81.

Art. 63.

Art. 64. *Concordancias.*

Art. 65. *Concordancias.* — § 1. ¿Puede la Cámara de Representantes después de haber sido desechado en absoluto en el seno de la Asamblea un proyecto, entrar a considerar en el mismo período, un asunto basado sobre la

misma idea? — § 2. Discusión en la Cámara de Representantes en 1874.

Art. 66. *Concordancias.* — § 1. Requisito necesario para la promulgación de disposiciones legislativas. — § 2. Incidente ocurrido en 1909, con motivo de un decreto dictado para salvar una omisión de artículos al publicarse la Ley Orgánica de Juntas.

Art. 67. *Concordancias.*

Art. 68. *Concordancias.*

Art. 69.

SECCION VII

CAPÍTULO I

Artículo 70. *Concordancias.* — § 1. Discusión sobre la organización del P. E. en la Constituyente de 1829 y en la de 1917. — § 2. Las fórmulas en juego. — § 3. Solución adoptada. Ventajas e inconvenientes del régimen mixto.

Art. 71. *Concordancias.* — La discusión en 1917.

Artículos 72 al 78. — *Concordancias.*

CAPÍTULO III

Artículo 79 al 81. *Concordancias.* Análisis de las facultades que corresponden al Presidente y su extensión.

Art. 82. *Concordancias.* — § 1. Discusión en la Constituyente de 1917. — § 2. Proyecto de don Angel Floro Costa en 1905 creando un Consejo de Estado. — § 3. Proyecto de lista múltiple para la elección de Consejeros de Estado. — § 4. Los suplentes de Consejeros y la duración de su mandato, cuestión planteada en 1924: renuncia del Consejero Aramendía.

Art. 93. *Concordancias.*

Art. 84. *Concordancias.*

Art. 85. *Concordancias..* — § 1. Ley 6 de Diciembre de 1920 artículo 2.º sobre asignación de los Consejeros suplentes en el ejercicio.

Art. 86. *Concordancias.*
Art. 87.
Art. 88. *Concordancias.*
Art. 89. *Concordancias.*
Art. 90. *Concordancias.* — § 1. Mensaje a la Alta Corte de Justicia de Enero 3 de 1922 sobre reserva discrecional de sus deliberaciones.
Art. 91. *Concordancias.*
Art. 92. *Concordancias.*
Art 93. *Concordancias.*
Art. 94. *Concordancias.*
Art. 95. *Concordancias.* — § 1 Reglamento C. N. de Administración 6 de Marzo de 1919.
Art. 96. *Concordancias.* — § 1. Ley 1895 limitativa de las facultades del P. E. en los contratos de arrendamientos de obras y suministros.
Art. 97. *Concordancias.* — § 1. Origen de este artículo. § 2. Discusión en la Constituyente de 1917. — § 3. Antecedentes legislativos. — § 4. ¿La provisión de empleos debe corresponder al Poder Ejecutivo? Antecedentes legislativos de 1912.
Art. 98. — § 1. Discusión en la Constituyente de 1917. § 2. Relaciones entre las dos ramas del Poder Ejecutivo en cuanto a la preparación de las planillas del Presupuesto. — § 3. ¿Cuándo debe recabarse el dictamen de la Presidencia? Conflicto entre la Presidencia y el Consejo en 1921, sobre la facultad de contratar empréstitos.
Art. 99. Discusión en la Constituyente de 1917.
Art. 100. - § 1. Origen de este artículo. Su discusión en 1917. — § 2. Concepto de autonomía. — § 3. Autonomía constitucional de los entes industriales del Estado. — § 4. Autonomía del Banco de la República. — § 5. Autonomía del Banco de Seguros. — § 6. ¿Por qué los bancos deben gozar de la más absoluta autonomía? — § 7. Autonomía universitaria. — § 8. Antecedentes legislativos sobre Reglamentación del artículo 100. — § 9. Ley de 17 de Abril de 1923 declarando vigentes las leyes orgánicas de los

entes autónomos hasta que no se reglamente el artículo 100.

Art. 101. *Concordancias.* — § 1. Su origen.

Art. 102. *Concordancias.*

Art. 103. — § 1. *Concordancias.* — § 2. Los consejeros en el Parlamento.

Art. 104. Discusión en 1917.

SECCION IX

Artículo 105. *Concordancias.* — § 1. Discusión del artículo en la Constituyente de 1829. — § 2. Discusión en la Constituyente de 1917· — § 3. Funciones de los Ministros. Opinión del doctor E. Acevedo en 1852. — § 4. Minuta de decreto en 1842 estableciendo un solo ministro con carácter general. — § 5. Informe de la Comisión de Legislación en 1854 en el Proyecto sobre aumento de Ministerios. — § 6. Decreto 8 de Julio de 1854. — § 7. Ley 11 de Marzo de 1869 declarando incompatibles las funciones de Ministro de Estado y del Tribunal. § 8. Mensaje del P. E. sobre creación del Ministerio de Justicia, Culto e Instrucción Pública. — § 9. Decreto orgánico de Ministerios de 14 de Mayo de 1907. — § 10. Decretos 11, 12, 31 de Mayo de 1919 autorizando a los Ministerios de la Presidencia y del Consejo a comunicarse directamente. — § 11. Duración de los Ministros dependientes del Consejo. — § 12. ¿Pueden suprimirse las secretarías de Estado dependientes del Consejo, atento a la redacción del artículo 105?

Art. 106. *Concordancias* — § 1. Discusión en la Constituyente de 1829. — § 2. Los Ministros en la discusión del Presupuesto.

Art. 107. *Concordancias.*

Art. 108. *Concordancias.* — § 1. Antecedentes legislativos de 1832 sobre la fecha en que los Ministros deben dar cuenta del estado de su departamento y de 1836 exigiendo la presentación de la memoria anual — § 2. Informe en

1852 de la C. de Legislación sobre cumplimiento del artículo 88 [105] de la Constitución. Discusión y proyecto estableciendo que los Ministros presentarán la cuenta particular que exige la Constitución.

Art. 109. *Concordancias.* — § 1. Pedido de don Lucas J. Obes en 1835 para que se dicte una ley de residencia. — § 2. Solicitud de don Lucas J. Obes en 1835 para que se le inicie juicio de residencia por los reparos hechos por la C. de Cuentas a su gestión ministerial. — § 3. Salida de un Ministro fuera del territorio. Advertencia al P. E. en 1873 por la C. Permanente con motivo del alejamiento del doctor Pérez Gomar. — § 4. El caso del doctor José M. Montero saliendo del territorio en 1880 antes de cumplirse el término de su residencia.

Art. 110. *Concordancias.*

Art. 111. — § 1. Discusión en la Constituyente de 1917. — § 2. Mensaje del P. E. en 1873 respecto a la advertencia sobre la incompatibilidad entre ser Ministro y miembro de la Junta de Crédito.

Art. 112. *Concordancias.*

Art. 113. *Concordancias.* — § 1. Discusión en la Constituyente de 1917 de los incisos 4, 5 y 6. — § 2. Decreto de 28 de Marzo sobre aplicación de sanciones disciplinarias. — § 3. Decreto 28 de Abril sobre facultad constitucional de los Ministros subordinados al Consejo. — § 4. Decreto aclaratorio de 24 de Noviembre de 1922.

Art. 114 — § 1. El régimen ministerial. — § 2. Número y atribuciones de los Ministros. — § 3. Decreto de 6 de Febrero de 1891 organizando los Ministerios de Estado.— § 4. Ley 4 de Marzo de 1911 organizando siete Ministerios y reforma de 15 de Marzo del mismo. — § 5. Ley 15 de Julio de 1911 sobre Ministerio de Obras Públicas y decreto reglamentario de 29 de Febrero de 1912. – § 6. Decreto orgánico de Ministerios de 14 de Marzo de 1907. Decreto complementario de 9 de Marzo de 1911 y 1.º de Abril de 1913. — § 7. Decreto 29 de Julio de 1916 sobre subsecretarías de Estado. — § 8. Decreto 2 de Enero de

1922 reglamentando el servicio de las secciones del M. de la Guerra. — § 9. Decreto orgánico del M. del Interior de 5 de Junio de 1923.

Art. 115. *Concordancias.* — § 1. Discusión en la Constituyente de 1829. — § 2. Discusión en la Constituyente de 1917.—§ 3. Antecedentes legislativos sobre la creación de la Alta Corte: ley de 1880, proyecto de 1888, decreto de 1890 nombrando una comisión para que informe. Proyecto de don Angel Floro Costa. Proyecto de 1892. Petición del foro 1894. Proyecto de 1893: doctor Palomeque. Proyecto de 1899. Petición ante el Senado 1901. Proyecto de la administración del señor Batlle. — § 4. Ley orgánica de creación de la Alta C. de Justicia de 1907. — § 5. Proyecto de 1859 determinando que el Poder Judicial es independiente del P. E. — § 6. Resolución del Tribunal Pleno 20 de Noviembre de 1890 sobre trámite de las comunicaciones de los Tribunales al C. Legislativo. — § 7. ¿Puede la C. Permanente hacer advertencia al P. Judicial? Antecedentes legislativos de 1893 y 1897. — § 8. ¿Puede el P. Legislativo hacer advertencias? — § 9. ¿Los Tribunales Militares son elementos integrantes del P. Judicial?

Art. 116. *Concordancias.*

Art. 117. *Concordancias.* — § 1. Discusión de la Constituyente de 1829. — § 2. Incompatibilidad de miembros del P. Judicial y empleados municipales.

Art. 118. *Concordancias.*

Art. 119. *Concordancias.* — § 1. Informe de la C. de Legislación en 1844 sobre el modo de juzgarse las presas hechas por los buques nacionales. — § 2. Mensaje del P. E. 1883 sobre atribuciones de los Tribunales en las causas de almirantazgo.

Art. 120. *Concordancias.* — § 1. Debate en la Constituyente de 1829.

Art. 121. *Concordancias.* — § 1. Antecedentes legislativos de 1854: el P. Legislativo no tiene medios para hacer efectiva la responsabilidad de los jueces, sobre los cuales corresponde superintendencia a la Alta Corte.

SECCION XI

CAPÍTULO II

las atribuciones de los Jefes Políticos y reforma del Reglamento. — § 4. Declaración legislativa en 1854 sobre que los militares son hábiles para ejercer el cargo de Jefe Político. — § 5. Proyecto de 1854 atribuyendo superintendencia de la policía de todo el país al Jefe de Montevideo. — § 6. Decreto de 21 de Junio de 1858 sobre que los Ministros pueden entenderse directamente con los Jefes Políticos en los ramos de su despacho. — § 7. Renovación en 1874 del proyecto que atribuye superintendencia al de Montevideo.

Art. 144. *Concordancias.* — § 1. Incompatibilidad con el cargo de Comandante de cuerpo. — § 2. Interinato de los Jefes Políticos. — § 3. Capacidad de los militares para serlo 1899.

Art. 145. *Concordancias.* — § 1. Representación del Presidente de la República en los actos oficiales. Decreto de 1920.

SECCION XII

CAPÍTULO ÚNICO

Art. 146. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de don Francisco José Muñoz reglamentando los derechos individuales en 1826. — § 2. Discusión en la Constituyente de 1917.— § 3 Monopolio del Estado en el contrato de seguros. — § 4. Nacionalización en 1912 de los servicios de abastecimiento de energía eléctrica. — § 5. Reglamentación de las reuniones políticas. Antecedentes legislativos de 1893, 1897 y 1898. — § 6. El derecho de huelga. Antecedentes de 1911. — § 7. Clausura de locales obreros.

Art. 147. *Concordancias.*—§ 1. Discusión en la Constituyente de 1829.—§ 2. Se declaran en 1832 libres los esclavos que se introduzcan al país.—§ 3. Contratación en 1835 de colonias de color. Franquicias acordadas y rescisión del contrato. — § 4. Abolición del tráfico de esclavos. Tratado de 1841 con la Gran Bretaña. — § 5. Se declara piratería el tráfico de esclavos en 1853.

Art. 148. *Concordancias.* – § 1. Abolición en 1835 del fuero personal. — § 2. Causas del fuero eclesiástico 1835.— § 3. Proyecto sobre fuero personal en 1834.—§ 4. Proyecto de Pinilla en 1835. Rechazo del proyecto en el Senado.— § 5. Proyecto de abolición del fuero personal, 1835-38, en las causas civiles y criminales.

Art. 149. *Concordancias.*

Art. 150. *Concordancias.*

Art. 151. *Concordancias.* — § 1. Formas de extender el allanamiento a domicilio.

Art. 152. *Concordancias.*

Art. 153. *Concordancias.*—§ 1. ¿Corresponde actuar con jurados en el juicio político?—§ 2. ¿En la 3.ª instancia correspondía a la Alta Corte hacerlo con jurados? — § 3. Proyecto modificando los artículos 132 y 133, 134 y 135 del Código de Instrucción Criminal.

Art. 154. *Concordancias.* — § 1. Antecedentes de la discusión constitucional. — § 2. Proyecto sobre garantías constitucionales de don José Pedro Ramírez en 1873.

Art. 155. *Concordancias.*

Art. 156. — § 1. Antecedentes constitucionales 1917. — § 2. Habeas Corpus. Proyecto del doctor Vásquez Acevedo en 1901. — § 3. Prisión de ciudadanos con motivo de medidas extraordinarias en 1905.

Art. 157 al 161. *Concordancias.*

Art. 162. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de Bustamante en 1873 sobre responsabilidad de Jueces y Tribunales por la aplicación de leyes y decretos contrarios a la Constitución. – § 2. Proyecto de Narvajas en 1875 sobre responsabilidad de Jueces y Magistrados del orden Judicial.

Art. 163. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de Larrañaga en el Senado 1831 sobre abolición de la pena de muerte. — § 2. Proyecto de 1868. — § 3. Proyecto de 1907.

Art. 164. *Concordancias.* — § 1. Modificación del artículo en la reforma de 1907. — § 2. Opinión del doctor Juan A. Ramírez sobre su alcance.

Art. 165. *Concordancias.*

Art. 166. *Concordancias.* — § 1. Decreto de 27 de Mayo de 1882 prohibiendo a los agentes públicos extranjeros la circulación de manifiestos y publicaciones políticas, sin previa autorización del Ministro de Gobierno. — § 2 Proyectos sobre libertad de prensa en 1832, 1854, 1869, 1875, 1883 y 1897. — § 3. Libertad de imprenta en 1904.

Art. 167. *Concordancias.*

Art. 168.

Art. 168. *Concordancias.* — § 1. Adopción de medidas extraordinarias en 1837. — § 2. Solicitud de don Pedro Pablo Vidal, quejándose del Poder Ejecutivo al resolver su destierro.—§ 3. Mensaje del Poder Ejecutivo 1842 en declarando suspendidas las garantías individuales — § 3. Informe de la Comisión de Legislación en 1845 sobre la ley que suspendió las garantías individuales. — § 4. Minuta de comunicación respecto al proyecto destierro de los señores José María Muñoz, Fernando Torres y Eduardo Beltrán. — § 5. Minuta de comunicación al Poder Ejecutivo con motivo del destierro de varios ciudadanos. — § 6. Destierro del Vicario Vera 1862. Informe de la Comisión Especial. — § 7. Informe de la Comisión Especial 1869 en la nota de la Junta Económica quejándose del destierro de varios ciudadanos. - § 8. Minuta al Poder Ejecutivo en 1870 pidiendo se levante el destierro a varios ciudadanos. — § 9. Proyecto de ley 1873 sobre garantías constitucionales. — § 10. Mensaje al Poder Ejecutivo en 1887 dándose cuenta de haberse ordenado el destierro del Coronel Latorre. — § 11. Destierro del General Santos 1887 y solicitud, 1888, de éste sobre la ley dictada con relación a su persona. — § 12. Medidas adoptadas por el Poder Ejecutivo en 1898.

Art. 169. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de ley 1832 determinando los casos en que el Gobierno podrá disponer de la propiedad particular. - § 2. Se autoriza al Poder Ejecutivo para gravar o enajenar las propiedades de los prófugos y desertores que estén en armas contra el país.—§ 3. Se establecen en 1863 reglas para la expropiación

por causa de utilidad pública. — § 4. Proyecto de 1869 mandando pagar al contado el ganado que se tome para el servicio militar — § 5. Proyecto de ley 1863 sobre garantías de la propiedad. — § 6. Interdicción 1904 de bienes a los autores y cómplices del delito de rebelión. — § 7. Proyecto de derogación de la ley anterior 1909. — § 8. Decreto de 26 de Octubre de 1910 sobre procedimientos reservados en los casos de interdicción. — § 9. Proyecto de derogación 1915 de la ley 25 de Febrero de 1904. — § 10. Prohibición constitucional de la confiscación de bienes. Proyecto de 1917. — § 11. Ley de expropiación.

Art. 170. *Concordancias.*

Art. 171. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de 1876 declarando principio natural la libertad de contratar. — § 2. Proyecto 1911 declarando monopolio del Estado el contrato de seguros. — 3. Decreto del Poder Ejecutivo declarando inhabilitados para el ejercicio de actividades profesionales al Presidente y los Ministros. — § 4. Proyecto de 1921 prohibiendo el ejercicio de la enseñanza a los que hagan voto de castidad.

Art. 172. *Concordancias.* — § 1. Proyecto de 1835 sobre abolición del pasaporte. — § 2. Proyecto 1855 restableciéndolo. — § 3. Proyecto de ley aboliendo su uso en 1856 y 1863. — § 4. Extrañamiento del General Santos en 1886 y las tentativas de derogación en 1888 y 1889.

Art. 173. *Concordancias.* — § 1. Derecho de reunión. Su régimen legal. — § 2. Proyecto de reglamentación en 1914. — § 3. El derecho a la vivienda 1921.

Art. 174. *Concordancias.* — § 1. Se declaran en 1835, comprendidas en el presente artículo las resoluciones de la Asamblea General de las Provincias Unidas del Río de la Plata.

Art. 175. — § 1. Proyecto referente a las violaciones de la Constitución en la Cámara de Senadores 1836. — § 2 Minuta de decreto de 1845, declarando nula toda resolución del Senado en contra de la Constitución.

Art. 176. — § 1. Una ley interpretativa de la Constitución, puede derogarse? Antecedentes legislativos de 1888.— § 2. ¿Puede el Poder Legislativo ejercer la facultad de interpretación a petición de un particular?

Art. 177.

Art. 178. — § 1. Incorporación en 1919 del capítulo V al artículo 179, Sección XII de la Constitución. — § 2. Para dictarse, reformarse o interpretarse leyes electorales se requieren $^2/_3$ del total de votos de cada Cámara. Antecedentes de 1922. *Disposiciones transitorias.*

Ciclo de Conferencias

Pronunciadas en el Salón de Actos de la Universidad los días 5, 14 y 19 de Setiembre de 1928

POR

SARA REY ÁLVAREZ

I. — La posición actual de las teorías y problemas psicológicos. — II. Psicología experimental y aplicada — III. Las aplicaciones de la psicología a la diagnosis y reeducación de menores delincuentes.

1.a CONFERENCIA

I — La posición actual de las teorías y problemas psicológicos

Señoras, Señores:

Es tal vez una inmensa temeridad de parte mía el pretender dar una idea general, aunque suscinta, sobre sobre el estado presente de la ciencia psicológica. El tema es demasiado vasto y complicado para poderlo encerrar en una modesta conferencia. Espero que los entendidos en la materia sabrán disculpar las deficiencias de mi trabajo debidas a la desproporción entre la magnitud del asunto y el tiempo concedido a su desarrollo.

Además, aunque tal vez parezca a primera vista una inútil digresión, quiero trazar esquemáticamente mi posición ante todo problema intelectual. Mostrar la personalidad del crítico al iniciar un trabajo crítico? Hueco palabreo, risible vanidad, diréis tal vez. Pero yo no puedo

presentarme ante vosotros, exponer mis interpretaciones y ofrecéroslas como verdades, como algo, que yo desearía veros adoptar y acordarle crédito. Mi honestidad intelectual me lo prohibe. ¿Cómo podría desposar esa actitud con el único punto de apoyo, la única tabla de salvación que ha podido hallar mi espíritu zozobrante ante el hosco horizonte del escepticismo, y ha llegado a constituir mi paradojal divisa: Todo es cierto, nada es cierto? Lo que para los demás constituye *su* verdad no puede ser también la mía. ¿Cómo podría serlo, si siempre que he aceptado una visión ajena sobre un asunto, sea cual fuere, cuando después he querido verificarla por mí misma he hallado divergencias?

La disciplina científica me ha enseñado a conocer mis propios límites, me ha hecho prudente. He aprendido algo que de primera impresión podría parecer una perfecta banalidad: Nadie es capaz de reproducir fielmente el pensamiento ajeno, toda copia deforma y traiciona involuntariamente el original. La imagen de cualquier objeto que poseo en mi retina difiere de la que los demás poseen en la suya, del mismo modo mis interpretaciones pueden diferenciarse de las de los demás: tanto una como otra sólo tienen para cada uno el precario valor de una certeza personal. Por lo tanto, no quiero ni pretendo dar una idea de la posición actual de los problemas psicológicos a aquellos que no hayan consultado de antemano los autores de quienes voy a tratar. Podría solamente, cuando mucho, si llegara a realizar mi ambición de interesarlos, despertarles el deseo de estudiar por sí mismos los problemas esbozados por mí. En cuanto a los que ya los conozcan, no tengo la absurda pretensión de incitarles a modificar sus opiniones al exponer las mías. Me limitaré, pues, a manifestar sencillamente mis interpretaciones.

No pretendo influenciaros en lo más mínimo. La mejor manera de defender el propio Yo, de conservarlo, es no permitir la entrada en él de ninguna idea ajena; por lo

tanto, aunque probablemente sea algo así como ponerse en guardia contra fantasmas ilusorios, no vacilo en deciros: No adoptéis mis ideas, no os apresuréis a dar fé a mis críticas, no me sigáis. Mis ideas, mis interpretaciones, tienen valor para mí, para vosotros tendrán el que le dé cada uno de vosotros. Me oiréis hablar en primera persona porque mis puntos de vista me los he creado en la soledad de mi conciencia y porque no entiendo dároslos, sino reservármelos. Para mí, mi disertatación sólo sería fecunda si llegara a sugerir a alguien el deseo de crearse para su uso particular ideas personales sobre tema tan interesante en mi opinión como el que voy a desarrollar hoy.

Cuatro corrientes principales se disputan hoy la preponderancia de la ciencia psicológica.

La escuela alemana llamada de la Forma, de la Estructura, de la Configuración, o sea Gestalt-Psychologie en alemán, que se ha dedicado muy especialmente a renovar la psicología de la percepción y la psicología comparada.

En E. U. desde W. James y Titchener, los psicólogos, no contentos con divorciarse de la metafísica y de la filosofía, comenzaron a mostrar una cierta prevención hacia el concepto conciencia, llegando muchos de ellos a negar su existencia, otros a considerarla como un lujo inútil. Reducen, pues, la psicología a la secuela estímulo y respuesta o reacción. Por estímulo se entiende todo cambio en el mundo exterior, toda excitación de los sentidos que provoca en el organismo un cambio sensible, es decir, la respuesta o reacción. La psicología así concebida se llama psicología del comportamiento, de la conducta. Psychology of behaviour o Behaviourism en inglés. El behaviourismo es un producto norteamericano. Adapto el término inglés por no hallarle una traducción

castellana exacta. Behaviour quiere decir proceder, conducta, comportamiento, y contiene además la idea de actividad de un ser viviente. En rigor, podríamos traducirlo por conducta o actividad: pero el primero ya ha recibido una acepción definida que implica un juicio moral; se prestaría por lo tanto a confusiones y sería susceptible de interpretaciones que serían rechazadas por los behaviouristas, en cuanto al último ellos lo tacharían de demasiado vago y abstracto. Los psicólogos franceses, por haber tropezado con idénticas dificultades de traducción, han introducido los neologismos, behaviouriste, behaviourisme, etc. Como de esta manera esos términos se han convertido en indicadores de la escuela, me parece que nosotros deberíamos adoptar idéntica actitud.

Otra corriente importante es la llamada psicología personalista, que considera el punto básico de la psicología el individuo que reacciona, cambia, experimenta, y no el estudio de las reacciones, las facultades, etc.

Y últimamente tenemos la psicología del Inconsciente, representada especialmente por Janet, Freud, Young, Addler, G. Dumas, Morton Prince y Jones, que ha efectuado fecundos descubrimientos en el campo, aún casi inexplorado, del inconsciente. Partiendo de las observaciones efectuadas en el subconsciente que se revela en los desórdenes nerviosos, en las anormalidades y enfermedades mentales, extienden sus teorías a la psicología normal y aplican los métodos de medicina psicológica creados especialmente por Freud.

Son tantos los problemas y las subdivisiones de la psicología, por ejemplo, psicología experimental, psicología infantil, psicología comparada, psicología normal, etc., que me veré obligada en esta primer conferencia, a limitarme a la así llamada psicología general o básica, y dejaré para las subsiguientes el tocar algunos puntos

de la vasta zona de la psicología experimental y aplicada.

En el siglo XIX, gracias a los esfuerzos de Bain, James, Ribot, Taine, y muy especialmente de Wundt y Fechner, la psicología, hasta entonces simple rama de la reflexión filosófica, se constituye paulatinamente en ciencia independiente, y los métodos experimentales son por primera vez incluídos en su disciplina científica. En 1878 Wundt abre en Alemania el primer laboratorio de psicología experimental, introduciendo la psicometría y los métodos psicológicos, hoy aún aplicados a las investigaciones teóricas sobre las sensaciones especialmente.

La característica más general de la psicología moderna es la sustitución de la tradicional psicología estática o atomística, o psicología de las facultades, que tendía a clasificar las facultades de la conciencia, a analizarlas, por la psicología dinámica que estudia las funciones de los organismos. La psiquis es considerada no ya como el continente de las facultades de conciencia o como un epifenómeno, sino como una unidad funcional o energética. Si algunos psicólogos la consideran como el conjunto de las funciones mentales, así como el organismo fisiológico es el conjunto de funciones celulares, orgánicas, musculares. etc., la mayor parte rechazan los conceptos psiquis, o mind según los ingleses, esprit o conscience según los franceses, como abstracciones, y consideran que la unidad básica de la psicología es una energía sui generis, la energía mental, que puesta en acción produce en el individuo reacciones conscientes o inconscientes, incluyendo bajo este término todas las reacciones psicológicas del organismo, en cuanto a reacciones diferenciadas de las puramente fisiológicas y en su triple aspecto de instintivas, sensitivas e intelectuales.

La acción no tiene sitio alguno en la doctrina de las facultades; se detiene en el análisis de ellas o sea, sen-

sación, percepción, memoria, intelecto y voluntad. La psicología moderna no sólo estudia la acción desde un punto de vista dinámico, sino que ha ensanchado su campo con el estudio de procesos tales como la fatiga, el lenguaje.

Los precursores del dinamismo en psicología hemos de buscarlos entre los filósofos. Puede decirse que ha sido Leibnitz quien dió primeramente nociones precisas acerca de la psicología funcional y del inconsciente. Kant, al refutar el empirismo de los filósofos británicos, concibe que la representación de un objeto no es determinada por un elemento psíquico meramente reproductivo, ya sea el intelecto o la sensación, sino que proviene de una actividad sintética sin la cual sólo habría sensaciones sin cohesión.

En Francia, Maine de Biran, al estudiar el rol del esfuerzo en la vida mental se hace el iniciador de una psicología activista.

Fichte, Shelling y Hegel conciben el yo como una actividad pura y que constituye la función psíquica inicial. Para Fichte, Schelling y Schopenhahuer la actividad del yo no tiene conciencia de sí misma; el Yo.es voluntad antes de ser inteligencia; la acción es anterior al conocimiento.

La psicología al constituirse una ciencia independiente se llevó consigo esa noción de actividad inicial y la blandió como un arma contra la escuela asociacionista entonces en boga.

Ya durante el siglo pasado comenzó a sentirse una reacción contra la clásica doctrina de las facultades psicológicas, iniciada por Spencer, Taine, Fechner, Ribot, Baldwin, James. Ya no se hablaba de facultades del espíritu sino de hechos (faits) de conciencia. El movimiento se acentuó como una tendencia general a repudiar la escuela asociacionista, representada especialmente por Hartley, J. Mill, J. Stuart Mill, Spencer, Bain y Baldwin, que reducía toda la psicología del conocimiento

a la asociación entre dos ideas y tendía a explicar todos los fenómenos psíquicos en base a la ley de la asociación.

Los precursores del dinamismo psicológico o psicología de la acción son especialmente Wundt, Fechner, James y Ribot.

Aunque en último análisis el asociacionismo representa un dinamismo psicológico, pues la asociación es una función y no una facultad, el considerar toda reacción psicológica gobernada por una ley única: la asociación de ideas, deja inexplicados numerosos fenómenos. Primeramente un hecho voluntario no puede en manera alguna ser basado en la ley de asociación, dado que un acto voluntario no es el resultado de haber realizado anteriormente un acto similar, lo cual definiría el hábito, la costumbre; y la voluntad es exactamente lo contrario.

En este hecho basa Wundt su crítica del asociacionismo, además, considera que la asociación se produce ya entre procesos aún más simples que las ideas, como ser la adaptación motriz, la percepción del contraste de los colores.

En cuanto a James, si bien funda su teoría de la memoria en el asociacionismo, se separa de éste en cuanto a la doctrina de la voluntad.

El análisis explicativo de los procesos de la memoria y de la inteligencia, es el campo donde el asociacionismo mostróse más fecundo, y donde durante más largo tiempo conservó una situación preponderante. Más hoy una enorme brecha le ha sido inflingida respecto a dicho tópico por la escuela alemana del «Gestalt» y por las teorías de la Naturaleza de la Inteligencia debidas al prof. Spearman de Londres.

El asociacionismo considera los hechos de conciencia como átomos psíquicos invariables y susceptibles de formar infinitas combinaciones. Es, pues, desde cierto punto de vista, una teoría estática, pues considera el proceso básico no como creativo, sino como meramente reproductivo. En una palabra, el asociacionismo ha sido

deshechado por haberse descubierto que la asociación no es el proceso básico del conocimiento: la asociación se injerta sobre toda una enorme fermentación de procesos mentales anteriores, más hondos, más esenciales. Esto lo veremos más claramente al examinar las doctrinas del «Gestalt» y de la «Noegenesis».

En conjunto, la psicología moderna ya no es analítica, atomística; considera la psiquis como una actidad creadora. Los procesos psicológicos son generativos y no reproductivos; la psiquis crea lo que se ha dado en llamar realidad externa, es decir su realidad propia, no reproduce el mundo exterior.

La nueva psicología ya no divide el espíritu en facultades, concibe la psiquis como un todo funcional derivado de la actividad del sistema nervioso, el cual sólo admite la división en actividad conativa, o sea el mecanismo de los deseos, impulsos, instintos y emociones; actividad sensitiva que abarca el mecanismo del placer y dolor, y actividad cognitiva o del conocimiento, o sea el mecanismo de las percepciones, sensaciones, memoria e inteligencia. Desde fines del siglo pasado los ingleses han adoptado el término conation, propuesto por Stout, los franceses si bien no han adoptado el término, hablan a veces de activité conative, empleando el neologismo en el mismo sentido que acabo de emplearlo, porque no poseen un término que abrace el concepto en toda su acepción.

Los tres mecanismos operan en colaboración: en el más simple acto de conocimiento, el acto de percibir un objeto cualquiera, colaboran los mecanismos conativos y sensitivos. Entre estos dos últimos la unión es tan estrecha, la naturaleza de ambos es tan homogénea, tan inseparable, que en muchos casos la doble clasificación resulta artificial, por dicho motivo el prof. Sperman ha propuesto sustituir esa triple subdivisión por esta otra: Orexis y Conocimiento, incluyendo bajo el nombre Orexis las actividades conativa y afectiva.

Por lo tanto la base de la vida psíquica no es un elemento, un átomo, una facultad o la asociación de ideas que combinándose produce estados y reacciones más y más complejos; es la actividad conativa.

En dicha actividad conativa inicial se mezclan e interpenetran excitaciones, tendencias, movimientos, conscientes e inconscientes. Podríamos llamar síntesis inicial a la tendencia a la acción: es el hecho elemental de la vida psíquica, que, genéticamente, es anterior a la sensación y es lo que genera la síntesis mental. La actividad del sistema nervioso produce excitaciones de los sentidos que se traducen en impulsos, movimientos, acciones. La función psíquica inicial no es pues un elemento simple, es un complejo que resiste a una descomposición analítica. En rigor podría darse el nombre de elementos a las pequeñas excitaciones conscientes o subconscientes que se entremezclan en las sensaciones. Más en una sensación simple, una sensación visual por ejemplo, entran en juego no sólo esos elementos sino también las relaciones que guardan éstos entre sí y además las relaciones entre dichos elementos y toda una estela de sensaciones anteriores, latentes en la memoria subconsciente en virtud de las cuales un objeto es reconocido como perteneciente a una clase dada. El elemento afectivo inherente a toda sensación entra a formar parte de la excitación no como elemento superpuesto, sino relacionado.

Prefiero el nombre síntesis a excitación inicial y sobre todo a sensación, porque ambos ya han recibido en la psicología clásica una acepción definida y podría dar lugar a confusiones.

La síntesis elemental es definible como una excitación y un movimiento acompañados de una reacción afectiva. En una síntesis mental entran sensaciones de movimiento, signos locales, hechos de memoria, tendencias, intereses, atención. La psicología moderna ha puesto en evidencia la importancia en la vida mental de todo lo que es motor, de todo lo que pertenece a la acción.

Al describir el hecho psíquico inicial como un átomo o una suma de elementos se lo convierte, pues, arbitrariamente, en elementos sin ligamen entre sí, se suprime la parte más importante, la parte activa, o sea las relaciones funcionales que son precisamente lo que unifica la sensación y la hace aparecer como un todo simple que se opone al análisis.

En base a la síntesis mental nos hallamos frente a la energía mental. El Yo, la conciencia, es percibido directamente como una energía en actividad. La síntesis mental no es más que la energía mental en función. La vida psicológica de todo ser humano se reduce a una continua aprehensión de sensaciones y educción de relaciones.

La psicología estudia las manifestaciones de la energía mental a través del funcionamiento del sistema nervioso. La energía mental,—o tal vez mejor la energía vital, para evitar las confusiones que podría traer la interpretación del término mental como espiritual, es decir antagonista de material,—es sólo una mera hipótesis, es algo que escapa a la percepción de los sentidos, y hasta hoy al análisis experimental y tiene su más perfecta expresión en el yo pienso, yo siento. Simples palabras que representan la síntesis de un momento psicológico constituído por toda una estela de excitaciones anteriores conscientes e inconscientes, lo que equivale a decir que es el resultado de la experiencia anterior. El psicólogo acepta pues la hipótesis de la energía mental o vital como causa de la vida psíquica, de la misma manera que el físico llama energía a esa incógnita que produce el movimiento, y llega así a considerar el mundo físico como un sistema de energías. En la hipótesis de la energía mental el mundo psíquico es también reductible en último análisis a un sistema de energías, lo que nos permite libertarnos de las estrechas cárceles del materialismo o espiritualismo.

Para algunos psicólogos, especialmente los behaviou-

ristas, la unidad básica es la energía neural y el proceso inicial la excitación neural que produce el movimiento reflejo. Pero dicha posición tiene a mi modo de ver un escollo inevitable: el pasaje de la excitación a la reacción psíquica es aún un proceso misterioso y en cuanto al pasaje del movimiento reflejo a la reacción consciente sería aún muy osado decir que constituye solamente un aumento de complejidad o una transformación esencial. Por lo tanto considero tal vez preferible estudiar los procesos neurológicos y psicólogicos en relación los unos con los otros y no anticiparnos a reducirlos a un proceso único, lo que nos haría caer en el materialismo, cuando la tendencia de la psicología moderna es adoptar una posición ni materialista ni espiritualista y mantenerse como ciencia independiente que adiciona a los métodos de observación y comparativos, los métodos experimentales. En el psicólogo moderno la tendencia materialista equivale a haberse librado de las garras de la fisolofía para caer en brazos de la fisiología.

Por todo lo que acabamos de ver, la conciencia resulta una actividad, un conjunto intercorrelativo de procesos psicológicos.

Pasemos ahora a considerár, aunque sea a vuelo de pájaro, las diversas escuelas de que hablaba hace unos instantes.

La escuela alemana llamada Gestalt es una reacción contra el asociacionismo. Tuvo su origen en las teorías de Wundt y concibe la percepción como un proceso creativo. Consideran la percepción de un objeto como un acto sintético; pero el percibir un objeto como un conjunto de sus partes es algo más que efectuar la suma mental de dichas partes.

Los primeros representantes de la escuela, Meinong, Husselr, Stumpf. von Kries, concuerdan aún con los asociacionistas en cuanto al hecho de dividir todo proceso perceptivo en dos fases: primeramente la sensación e inmediatamente un proceso superpuesto al primero o sea la percepción de la Estructura o de la Forma. Se separan sin embargo del asociacionismo en cuanto al segundo proceso que es considerado como creativo, mientras que el asociacionismo lo considere como meramente reproductivo.

La rama opuesta de la escuela o teoría unitaria, llamada también escuela de Berlín por oposición a la anterior o escuela de Graz, y cuyos primeros representantes fueron Lippman, Wertheimer, Benussi, está actualmente representada por Müller, Kofka y Köhler. Dicha Escuela rechaza la teoría de las dos fases en los procesos perceptivos. La Forma o Estructura consiste en un conjunto indivisible o Configuración que es percibido inmediatamente. Las sensaciones no existen, sólo ocurre una percepción única: la Configuración o Estructura.

La Forma, Configuración o Estructura o sea el Gestalt, es el nombre genérico que abraza toda la función, la síntesis creativa, que ocupa el campo consciente a todo instante. El continuo ir y venir de estructuras constituye el flujo y reflujo de la conciencia. Todo lo que yo percibo en este instante no es un conjunto de percepciones: en una sala, determinadas personas, etc., sino una síntesis creativa, una situación que podría calificarla como la situación: la conferencia que estoy pronunciando. Seres, cosas, todo lo percibo como relacionado a esa situación.

En dicha doctrina las Estructuras o Configuraciones son los datos básicos de toda experiencia. El mismo objeto es percibido como una Configuración distinta al variar de situación. Al entrar en una pieza y percibir una mesa la consideramos como una estructura separada dentro del conjunto o situación pieza; siendo la mesa en sí una estructura, un conjunto separado. La misma mesa

colocada en una terraza posee una estructura relacionada al conjunto terraza. Igualmente en el ejemplo clásico de la escuela, varios puntos colocados en pares a una cierta distancia unos de otros son percibidos como otros tantos pares separados; la situación es formada por los varios pares y no por puntos.

Ese fenómeno es enunciado por la ley: « El conjunto, la estructura, es sugerido inmediatamente, las partes son determinadas por la estructura o configuración del conjunto ». Dicha posición representa el más completo relativismo aplicado a la psicología, pues de acuerdo a ella los objetos cambian de valor, de significación, según el plano en que se coloquen, el ángulo del cual se observen; o en otros términos, no sólo la apercepción sino las percepciones mismas son contingentes, o sea determinadas por la situación.

Como toda teoría psicológica moderna, la psicología del Gestalt está basada en datos experimentales; es una escuela nacida en el laboratorio y no una escuela *a priori* nacida en la mente de algunos psicólogos y aceptada por otros. Los datos suministrados por los trabajos experimentales de los gestaltistas sobre la apreciación de las tonalidades, de los colores, de los efectos de claridad y oscuridad, de la percepción de los objetos, de la distancia, del movimiento (sobre los cuales no puedo detenerme aquí) tienden a corroborar el relativismo psicológico.

La escuela unitaria extremista coloca sus cimientos en la fisiología. Wertheimer considera que la percepción de la Forma es el efecto directo de la excitación cerebral. Cuando diferentes nervios sensoriales son excitados simultáneamente, las neuronas corticales interconnectadas producen inmediatamente un corta circuito. La percepción de la Estructura equivale, pues, a la excitación de las neuronas más el corta-circuito. Mas en último análisis esto es más bien una pseudo fisiología, una aventurada traducción de unas interpretaciones en el lenguaje fisiológico.

La doctrina unitaria declara la Configuración, la cual no es susceptible de análisis, el dato primario de la experiencia, y se resiste a ir más hondo, pues ello significaría caer en el sofisma atomista y reducir la Configuración a los elementos que entran en su composición. La escuela binaria concibe la Estructura como la suma de las relaciones entre sus elementos constitutivos, y analizable en las relaciones que lo constituyen. Los unitarios por su parte si bien admiten que las relaciones subsisten objetivamente, no las consideran como componentes de la Estructura la cual conserva su naturaleza característica cuando las relaciones permanecen inmutables. Este es tal vez el punto más débil del gestaltismo: en qué manera las relaciones permanecen como planeando sobre la Configuración sin entrar en su constitución, no está claramente enunciado. Se pretende además explicar todo proceso psicológico con decir que consiste en una Configuración—el cual concepto resulta así sólo un nombre—y encerrándose en el círculo vicioso de la definición infantil: Todo proceso perceptivo consiste en una Configuración, toda Configuración está constituída por la actividad total de la conciencia en un instante dado.

La doctrina del prof. Spearman o doctrina del Noegenesis, postula todo proceso mental como generativo. La base de todo proceso es la experiencia que es a su vez generativa, o más explícitamente, usando las propias palabras del prof. Spearman, diré: « Toda experiencia vivida, (ya sea un sentimiento, una imagen, una idea, una percepción cualquiera) tiende a evocar inmediatamente un conocimiento de sus caracteres propios y del sujeto que lo experimenta ». Por ejemplo, la acción de percibir un libro implica la percepción de ciertas formas, de extensión, colores, etc., de ciertos caracteres, en una palabra, que yo concibo como percibidos por mí. Todo objeto aparece pues como relacionado con sus caracteres propios y con el sujeto que percibe. Este es el más simple proceso mental, o sea la aprehensión de la expe-

riencia, mas dicho proceso de aprehensión es a su vez generativo del proceso de educción o sea, usando los propios términos de Spearman: « Dos o más caracteres presentes en la mente, tienden a evocar inmediatamente la relación correspondiente en ambos ». La aprehensión de un cuchillo por ejemplo, evoca la relación de su uso, el dibujo representando dos puntos iguales evoca la relación de identidad.

Según Spearman, una idea tiende a asociarse con otra porque ha sido percibida en relación con la otra. La base de todo proceso cognitivo — anterior al proceso de asociación y de la cual este último es sólo un efecto — es el proceso de educción de relaciones. El más simple objeto no es percibido aislado sino en relación.

Por todo lo que acabo de exponeros, resulta que el análisis de los procesos mentales del prof. Spearman es mucho más hondo que el de los asociacionistas: el asociacionismo explica solamente como se produce una asociación de ideas, la doctrina del Noegenesis qué procesos la producen.

Spearman postula cinco etapas en la asociación: primero el estímulo, segundo las ondas del éter, tercero los procesos químicos de los órganos de los sentidos, cuarto la excitación del sensorium (emplea ese término para poner en evidencia que se refiere a una parte cualquiera del sistema nervioso o del cerebro, y a ninguna en particular), quinto la misteriosa conversión de excitación neural en sensación. Este proceso misterioso, del que aún ningún experimento psicológico ni fisiológico ha podido descubrir como se produce, es lo que impide hoy a todo psicólogo el declararse materialista o espiritualista.

En las teorías de Spearman el objeto tiene que pasar por tantas faces para convertirse en sensación que sería aventurado opinar como lo querían Locke, Hume y los sensualistas, que la idea, la sensación, es la imagen del objeto exterior, es decir, que es proceso es reproductivo y no creativo. Por lo tanto de las teorías de Spearman

resulta que el mundo de experiencia de cada individuo tiene un caracter subjetivo.

Para la doctrina del Noegenesis el dato básico de la conciencia es toda experiencia vivida en la que colaboran las tres clases de procesos: conativos, afectivos e intelectuales. No así las teorías del Gestalt, pues en el Gestalt no se tiene en cuenta los procesos conativos y afectivos; es por lo tanto desde un cierto punto de vista una teoría intelectualista. Desde el punto de vista del Noegenesis, toda experiencia vivida puede ser llamada conativa, afectiva o intelectual, según la clase de procesos que entran en mayor proporción en su composición.

Más a mi modo de ver, ni la escuela de Gestalt ni las doctrinas del Noegenesis llevan el análisis hasta su última expresión. En su temor de abandonar el campo experimental en que ellos se han colocado y caer bajo férula de la metafísica, no analizan la noción de los así llamados objetos exteriores, la aceptan sin retoques tal como la dá la ciencia física. En mi opinión, el así llamado mundo exterior es reductible en último análisis a la síntesis mental de que hablaba hace unos instantes. Si al objeto exterior, si a eso que llaman objeto exterior, yo le quito por abstracción las sensaciones percibidas de forma, color, solidez, etc., ¿qué queda? Se me argüirá sin duda que el mundo exterior es la causa de mis sensaciones, pero ¿cómo podría yo atreverme a repetirlo, si la única prueba que poseo de la existencia de ese mundo exterior es mi propia actividad mental, la actividad de mi Yo? Todo lo que yo pienso, siento, percibo, toda mi esfera de conocimiento no es más que el mundo inquieto y cambiante de mi síntesis creadora. Mi Universo se reduce al espejismo de mi actividad psicológica, de mis sensaciones conscientes o subconscientes.

No puedo detenerme aquí a examinar esta cuestión que por otra parte ya he desarrollado en un trabajo anterior tttulado «Las antinomias entre individuo y sociedad», publicado por la Revista de Filosofía Argentina en el número de Mayo de 1927.

Desde mi punto de vista pues, el proceso básico lo constituye el relacionar las reacciones, las excitaciones, el sintetizarlas. Ahí concuerdo con las doctrinas del Gestalt y del Noegenesis, más en mi opinión, en base al Gestalt o más bien a la síntesis mental inicial, no hay un objeto exterior que la produce, o más explícitamente, yo no veo pruebas suficientes para afirmar su existencia; la síntesis mental existe, yo la percibo inmediatamente, a ello se reduce mi Cosmos, si hay algo más allá lo ignoro, es algo que trasciende las posibilidades de acción de mi energía mental, de mi actividad psíquica.

Pasemos ahora a hablar del behaviourismo.

El behaviourismo en su acepción más amplia, es decir, abarcando a todos los que reveindican esa etiqueta, puede definirse como una reacción contra la tradición espiritualista y la clásica doctrina de las facultades que considera la psicología como una ciencia natural, derivada de la biología y de la fisiología, cuyo objeto es estudiar la actividad de los organismos vivientes.

Los precursores del behaviourismo actual son: Féré que en su obra Sensation et Mouvement reduce la psicología al estudio de las reacciones observables, objetivas como las califica la escuela, Baldwin y W. James que adoptan también una actitud behaviourista, el primero al demostrar la importancia de los procesos voluntarios, el segundo por haber sido el primero que en el capítulo de las emociones de su Tratado de Psicología mostró la conveniencia de investigar las relaciones entre las facultades psicológicas y la conducta,—lo que hasta entonces se había descuidado,—y señaló así la vía para unir la psicología, aún solamente o teórica o experimental, con la acción, con la vida. Esto es lo que hoy viene haciendo la psicología aplicada: el psicólogo ya no se encierra en su castillo metafísico, investiga en el laboratorio, estudia

allí la naturaleza humana en sujetos vivientes y sale a la escuela, a la fábrica, a todo campo de la actividad humana, a aplicar el fruto de sus teorías.

El voluntarismo de Wundt no ha sido tampoco ajeno al génesis del behaviourismo.

El behaviourismo radical, tal como lo conciben von Bechterew, Meyer, Watson, Weiss, se confina en la observación objetiva de los fenómenos psicológicos y los considera como simples reacciones nerviosas. Esto no quiere decir que el behaviourismo sea materialista, ellos rechazan toda hipótesis filosófica, se detienen en la reacción nerviosa, constatan su existencia, la analizan; pero no se aventuran a investigar su esencia, no les preocupa descubrir si hay algo más hondo, más primitivo que ella.

Desde el punto de vista behaviourista extremista, la psicología sólo tiene por objeto las reacciones o respuestas de los organismos animales o humanos en sus relaciones con los objetos exteriores que constituyen sus «estímulos». Bajo el nombre estímulo el behaviourismo incluye toda clase de objetos exteriores; el viento, la atmósfera, los árboles, las piedras, las personas, las leyes, las religiones, en una palabra, todo objeto, todo acontecimiento, puede convertirse en estímulo al ponerse en relación con el individuo. El término reacción designa en la doctrina todas las excitaciones, los movimientos fisiológicos y psicológicos del organismo, ya sea reacciones del sistema nervioso, ya sea musculares o de los órganos de los sentidos, ya sean las secreciones, los movimientos kinestésicos, el lenguaje, etc.

El behaviourismo acusa a todas las escuelas anteriores de haberse limitado a analizar las facultades del alma, los estados de conciencia.

Una de las principales características del behaviourismo en su tendencia a suprimir la conciencia en cuanto a continente de la actividad psicológica. Ya desde Hume, casi todos los psicólogos han rechazado la concepción espiritualista de la conciencia como recipiente, para con-

siderarla como el conjunto de las sensaciones o de la actividad consciente y no una entidad per se. Pero la innovación behaviourista consiste en considerar únicamente las reacciones científicamente observables; las reacciones que no admiten la experimentación u observación objetiva, que no pueden ser discernidas por un observador, no pueden, desde su punto de vista, ser objeto de ciencia y por tanto se desinteresa de ellas y las abandona con gesto despectivo a los psicólogos estructuralistas e introspeccionistas y a los metafísicos. Watson asume una actitud aún más radical; niega la existencia de procesos conscientes fuera de las reacciones observables, define las emociones «como reacciones hereditarias compuestas por transformaciones profundas del mecanismo corporal y especialmente del sistema visceral y glandular, coincidiendo así en este punto con la bien conocida teoría de las emociones de James-Lange». Para el behaviourismo es una reacción tanto el movimiento reflejo con que se retira un miembro de una sustancia quemante, cuanto el acto de elaborar un pensamiento secreto; la diferencia sólo consiste en la mayor o menor complejidad: es cuantitativa y no cualitativa. Según Watson el pensamiento no difiere de la palabra: «Pensar es hablar consigo mismo». Según Bechterew, el pensamiento, como las emociones en su aspecto subjetivo, son inaccesibles a la psicología objetiva y a los métodos científicos de observación; a la psicología objetiva le interesa sólo sus manifestaciones exteriores. Más las palpitaciones cardíacas, las reacciones vaso - motrices, las secreciones, las variaciones fisionómicas y de la voz, son según la psicología objetiva signos emotivos que pueden estudiarse de una manera objetiva, en cuanto a los pensamientos que un individuo se esfuerza en privar de toda manifestación externa, están en realidad acompañados por reacciones que escapan a la observación corriente pero discernibles mediante aparatos: el pletismógrafo y la balanza fisiológica por ejemplo, que registran

las variaciones de la circulación hasta durante el más simple trabajo mental.

El behaviourismo considera el individuo como un sistema ininterrumpido de adquisición de reacciones, y se defiende de reducirse en último análisis a la fisiología o la biología y de suprimir por ende la psicología, pues a su modo de ver el behaviourismo reivindica el estudio de las reacciones de los organismos y sus relaciones con el ambiente o estímulos, mientras la fisiología trata sólo de las funciones de los organismos y no estudia procesos tales como el lenguaje, la palabra interior.

El behaviourismo no sólo rechaza toda hipótesis materialista o espiritualista, como decía hace unos instantes, sino que también se distingue del paralelismo en que no considera los estados de conciencia y los estados físicos como dos series distintas, dos fases distintas de los fenómenos vitales sin prejuzgar ni opinar sobre su conexión; para el behaviourismo no existe tal división, todas las funciones que de acuerdo a la terminología ortodoxa se clasifican, en fisiológicas y psíquicas, se reducen a reacciones (Behaviour); todo lo que es dado conocer de un ser viviente son sus reacciones, sólo existe una clase de procesos vitales.

Todo fenómeno psico-fisiológico es, pues, para el behaviourismo una excitación periferal o interna producida por un estímulo o proveniente del estado del organismo (dolores, enfermedades) que al abordar la corteza cerebral determina un proceso reactivo el cual puede recorrer toda la escala, desde la irritabilidad del protoplasma, los tropismos, los movimientos reflejos, hasta las más complicadas combinaciones de la conducta humana. O en otros términos, para el behaviourismo toda reacción consiste en una transformación de la energía exterior en energía nerviosa.

Desde ese punto de vista, la más simple unidad de behaviour (behaviour-unit), el más simple sistema de reacciones lo constituye el movimiento reflejo, al cual

sucede inmediatamente en orden de complejidad el reflejo condicionado (conditioned reflex), o sea un movimiento reflejo que en condiciones experimentales ha sido asociado no solamente con el estímulo que naturalmente lo produce, sino con un estímulo ad hoc. Después de una serie de repeticiones se llega a obtener como respuesta al estímulo, diremos artificial, el mismo movimiento reflejo que había sido asociado con él; eso constituye el reflejo condicionado. Las primeras investigaciones sobre el reflejo salivario condicionado se deben al fisiólogo ruso Pawlow, quien las efectuó en perros; eminentes fisiólogos y psicólogos franceses, italianos e ingleses continuaron las vías trazadas por Pawlow, especialmente Anrep de Londres. El reflejo condicionado en seres humanos ha sido muy especialmente investigado por Watson y Hamid.

El behaviourismo radical rechaza la introspección como método científico. En psicología moderna el concepto y el uso de la introspección se ha transformado completamente: la antigua tendencia a construir teorías psicológicas basadas en la pura introspección del autor, es decir en sus meditaciones, ha sido completamente abandonada; hoy sólo subsiste la introspección experimental, o sea el experimentador no sólo anota las reacciones observables del sujeto, sino también las observaciones de éste último sobre el juego de procesos psicológicos ocurridos durante la experiencia. El behaviourismo desconfía hasta de esos datos introspectivos; sólo acepta los datos referentes a las observaciones del experimentador. Arguye además que toda introspección es realmente una retrospección.

El behaviourismo moderado que no reniega de la conciencia ni de la introspección está representado por Titchner, Thorndike y Woodworth en E. U.; Kantor en Rusia, y Mac Dougall en Inglaterra. Las teorías de Mac Dougall, hoy generalmente aceptadas y enseñadas en todas las Universidades británicas, consideran la conciencia como un « Stress on conduct », y examina la

conciencia en sus relaciones con la vida. Mac Dougall ha aportado puntos de vista nuevos en lo que se refiere a la psicología de los instintos y emociones, los cuales desgraciadamente no puedo detenerme a examinar aquí, me limito a referir a mis oyentes que se interesen por el asunto a sus obras, lo que les será más provechoso que una exposición de parte mía.

Las críticas que dirigía hace unos instantes a las doctrinas del Gestalt y de la Noegenesis, respecto a la negligencia de ambas de examinar y discutir la noción de objeto o mundo exterior, se aplica naturalmente, con más razón aún, al behaviourismo.

Además, el behaviourismo al querer ignorar o negar la conciencia, no sólo tiende, a mi modo de ver, a una ilusoria simplificación de la psicología sino que debido precisamente a la posición adoptada debe forzosamente llegar a conclusiones poco satisfactorias en mi opinión. En gran parte de las investigaciones experímentales, por ejemplo, en las que se refieren a los sentimientos, voliciones, el querer ignorar todo dato introspectivo desnaturaliza la experiencia, pues se obtienen datos objetivos sobre la reacción provocada; pero como nada se quiere averiguar respecto a los procesos psicológicos que las provocan, se puede fácilmente llegar a considerar como similares efectos provenientes de diferentes causas, dado que tratándose de sentimientos y voliciones especialmente, las diferentes causas, es decir, procesos diferentes, pueden producir idénticas reacciones y precisamente son los procesos psicológicos los que aquí deliberadamente se ignoran o suprimen.

El behaviourismo parte de la actividad psíquica que la considera generada por las impulsiones exteriores y que produce modificaciones o reacciones objetivas; pero se limita a anotar esas reacciones sin querer averiguar nada sobre su naturaleza intrínseca ni sobre su modo de producción, es, a mi modo de ver, una posición anticientífica, pues uno de los primeros postulados de la ciencia

es no poner limite a la investigación, no cerrar la puerta a lo desconocido y tratar al menos de averiguar la naturaleza de lo que constituye la materia prima, los datos iniciales de dicha ciencia.

Además el behaviourismo al considerar las reacciones más complejas o sea el pensamiento, la voluntad, el lenguaje, etc., como transformaciones de los movimientos reflejos, suprimiendo así toda distinción, toda barrera, entre consciente e inconsciente, no nos explica claramente mediante qué procesos se produce esa complicación: el behaviourismo adelanta por lo tanto un postulado sin base científica.

El personalismo está representado por Stern, Ward, Behme, Mary Calkins, también podríamos incluir a Mac Dougall. En dicha hipótesis el punto central de la psicología no es el estudio de las reaciones procesos o funciones, sino del indivíduo considerado como un todo. Unos, como Stern, se dedican a hacer estudios comparativos sobre las diferenciaciones individuales en todos sus aspectos. Otros, como Mary Calkins limitan la psicología al estudio dèl Yo, del individuo consciente restando así a la psicología un vasto campo de fecundas investigaciones: el Inconsciente.

Tanto el behaviourismo como la escuela del Gestalt consideran las reacciones y funciones psicológicas en relación al sujeto, ¿cómo podría serlo de otro modo si toda moderna teoría psicológica es el resultado de datos experimentales obtenidos en investigaciones sobre sujetos vivientes? Por lo tanto el personalismo representa más bien una tendencia a poner en primer término un punto de vista generalmente aceptado.

Antes de examinar la psicología del Inconsciente pasaremos una ligera revista a la psicología francesa, por ocupar ésta un lugar aparte.

En lo que se refiere a los psicólogos franceses contem-

poráneos, la principal característica de su posición intelectual consiste en la ausencia de escuelas y de teorías generales: representa pues el triunfo del individualismo, lo que a mi modo de ver los coloca en una situación muy superior. Tanto para el científico como para el artista es una posición más fecunda el poseer un punto de vista propio, el ser un creador, un investigador original, que el adherirse a una escuela por muchas que sean las afinidades que con ella se tengan, pues la etiqueta puede llegar a producir una autosugestión: se piensa con el nombre patronímico que se ha adoptado y se desdeña o no se tiene en cuenta lo que no entra en la clasificación; una teoría cerrada es una falsa tranquilidad intelectual, se cierra la mente a la curiosidad investigadora, se cierran los oídos al descontento intelectual que es lo único que impide el ankilosamiento.

Los psicólogos franceses de hoy consideran que la psicología ha llegado a un estado de complejidad tal que sería aventurado adelantar una tesis general una teoría individual que la abarcara por completo, la cual correría el riesgo de representar una ilusoria simplificación. En Francia hoy la psicología presenta el mismo aspecto que las ciencias mas viejas, como por ejemplo la química, las matemáticas, la fisiología, en las cuales no hay investigador que se atreva a abrazar toda su extensión en una teoría única, sino que se dedica a profundizar uno de sus múltiples aspectos. En lo que se refiere a la psicología, es representativo de esta posición intelectual el hecho que en 1922 cuando se trató en Francia de escribir un tratado de Psicología que reflejara el estado actual de la ciencia, se encomendó, por común acuerdo de los más destacados psicólogos, su redacción a varios psicólogos, confiándose a cada uno el capítulo de su especialidad.

Así tenemos hoy en Francia tres grandes figuras en lo que se refiere a la psicología fisiológica: Piéron, Rabaud y Dubois. La psicología experimental cuenta con hombres

tan destacados como Binet, Piéron mismo, y Delboeuf. En cuanto a la psico-patología es preciso mencionar a G. Dumas, Ribot, doctor Toulouse, Bourdon. La psicología de los procesos intelectuales cuenta a Delacroix, la de los sentimientos y voliciones a Ribot, Dumas, Blondel, la psico-biología a Wall, G. Bohn.

En una reseña sobre la psicología moderna en Francia no puede dejar de mencionarse a Bergson. Aunque pertenezca más bien al campo filosófico, sus teorías han contribuído al desarrollo de la nueva psicología.

Bergson en su filosofía postula el instinto y la intuición como la condensación misteriosa de del «élan vital». Parte de la intuición del tiempo; la «durée» realidad inmediata de la conciencia que posee raíces mucho más hondas, mucho más amplias que el Yo consciente el cual es sólo un substratum de nosotros mismos coloreado por la conciencia. Según Bergson hay dos clases de fuerzas de vida psicológica: la inteligencia y el instinto; la inteligencia se representa claramente sólo la discontinuidad, es impotente para concebir el movimiento, es sólo una pequeña luz en el piélago inmenso del Inconsciente, el instinto en vez se orienta hacia la vida en sí misma, el instinto desinteresado consciente de sí mismo, capaz de reflejar un objeto y de agrandarlo indefinidamente es la intuición. En dichos puntos Bergson coincide con Freud, Addler y Jung de quienes hablaré dentro de unos momentos.

Un rasgo común une a todos los psicólogos franceses contemporáneos: todos parten de un punto de vista dinámico, todos consideran la psicología como una ciencia natural independiente de toda hipótesis metafísica, como una ciencia experimental ni espiritualista ni materialista, que no se ocupa del alma ni de su esencia, y que estudia los fenómenos psíquicos para establecer sus leyes. Sin embargo no hay que asimilar este punto de vista con el behaviourismo; los psicólogos franceses ni niegan

ni ignoran la conciencia, ni tampoco desdeñan la introspección.

La psicología del Inconsciente tiene su origen en las teorías de Lipps y en la concepción de las pequeñas percepciones de Leibnitz. Sin embargo, el Inconsciente metafísico.o la metafísica del Inconsciente, remonta aún más atrás, lo hallamos en Platón, en Kant, en Fichte, Shelling y Hegel. y en Schopenhahuer. Hartman no obstante, fué el primero que, desde el punto de vista metafísico, trató de sacar de la noción del Inconsciente la mayor suma posible de resultados, sintetizando observaciones científicas relativas al instinto en los animales y a diversos procesos psicológicos. Su posición es metafísica, pues afirma que el Inconsciente no pertenece a los fenómenos sino a la actividad, principio metafísico universal.

Desde el punto de vista puramente psicológico, la noción del Inconsciente está basada principalmente en las observaciones sobre los procesos volitivos y sobre los desórdenes mentales. Los verdaderos motivos de las decisiones escapan a la conciencia: son las tendencias, los instintos latentes, las huellas de lcs hábitos adquiridos así como los elementos fisiológicos del temperamento y del carácter que estallan en la volición. Toda esa fermentación causal escapa al sujeto que sólo percibe la síntesis, el efecto que se cristaliza en las palabras: quiero hacer esto o lo otro. Más en realidad, después de haber sido empujado inconscientemente a obrar en un sentido dado, se forja motivos conscientes para explicar su acción.

Hoy, la psicología del Inconsciente es sobre todo clínica. La actividad inconsciente ha sido estudiada en sus manifestaciones anormales o patológicas que es cuando es más fácilmente observable.

La hipótesis de la existencia de un subconsciente o inconsciente se apoya:

1. En la existencia de deseos o impulsos ciegos o sea fuera de la esfera consciente o sin antecedente consciente.

2. En la mecanización de los movimientos que se automatizan por la repetición y llegan a efectuarse sin intervención de la conciencia; como los movimientos de las manos al tocar el piano.

3. En la aparición en la memoria de ideas que parecen surgir por generación espontánea.

4. En el fenómeno de la doble personalidad.

El Inconsciente o sea las manifestaciones de la actividad psíquica, de la energía mental que se producen sin intervención de la conciencia del sujeto puede subdividirse en:

1. El Inconsciente psico-fisiológico que comprende todo lo que entra en la composición de las percepciones sensibles sin ser percibido por la conciencia, como ser la causa del contraste de los colores, las ilusiones ópticas.

2. El Inconsciente automático o subconsciente según Janet, al cual pertenecen acciones complejas que escapan a la conciencia del sujeto. En los sujetos normales es sólo observable como efecto del hábito (mecanización de las funciones) en sus manifestaciones patológicas adquiere relieves destacadísimos. El co-consciente, estudiado especialmente por Morton Price, comprende las manifestaciones del yo secundario en la disociación de la personalidad.

3. El Inconsciente latente activo comprende los casos de ideas, recuerdos e impulsiones que parecen surgir de zonas desconocidas y se manifiesta en el genio, en la creación artística, en la telepatía.

4. El Inconsciente afectivo que fija los sentimientos y prepara en la sombra la explosión de las pasiones e impulsos, Dwelshaurers lo califica el inconsciente irracional.

El germen de las modernas teorías clínicas sobre el Inconsciente se halla en las curiosas observaciones verificadas hace 50 años por el médico alienista vienés

Breuer, quien advirtió que varios síntomas histéricos desaparecen después que el médico hace recordar, volver a vivir, al paciente experiencias, acciones, sentimientos, acontecimientos de su vida latentes en el inconsciente y que por ese método llamado Abreacción, vuelven a penetrar en el campo de la consciencia.

Janet, discípulo de Charcot, como resultado de sus estudios clínicos sobre la histeria y las neurosis, llegó a la conclusión que éstas son enfermedades funcionales cuya principal característica es la disociación de los procesos psíquicos. En consecuencia, la vida psíquica es un flujo de sensaciones que se unifican en una corriente activa, en una síntesis, en el sujeto normal; en los anormales la síntesis no se produce, y tenemos entonces varias corrientes disociadas, opuestas, contradictorias. Mas para Janet la existencia de los procesos inconscientes se halla sólo en los casos patológicos, es decir, cuando la consciencia pierde el contralor de una o varias corrientes de actividad psíquica, en los casos normales la consciencia y la síntesis mental se identifican, todos los procesos mentales son conscientes.

Janet observó casos patológicos y palpó en ellos manifestaciones del Inconsciente en acción; pero no investigó directamente casos normales y creyó que a esas manifestaciones se reducía el Inconsciente y era lo que diferenciaba los sujetos de mentalidad anormal y normal. Su misma posición le impidió pues ver el Inconsciente que no es patológico.

Esa misma actitud peligrosa fué asumida por Freud, y varios psicoanalistas.

Estudiar detenidamente centenares, miles, de casos de enfermos mentales, acumular, datos, cifras, observaciones microscópicas, todo lo minucionamente, todo lo científicamente que se quiera, y con ese material elaborar teorías psicológicas generales es lo mismo que mirar por el ojo de una cerradura y pretender describir absolutamente, completamente, todo cuanto existía y había acaecido en

el recinto; es lo mismo que si un médico en lugar de inferir los desórdenes del organismo de sus conocimientos de las funciones normales, pretendiera inferir aquellas de éstos.

A Freud, pues, sus investigaciones sobre la histeria y las psico-neurosis, mediante la aplicación del método del psicoanálisis por él inventado, el cual desnuda gran parte de los mecanismos inconscientes, lo llevaron gradualmente aformular una teoría meta-psicológica, como él la llama, de los procesos mentales en general.

Freud considera la psiquis como un mecanismo que puede ser puesto en función por excitaciones exteriores e interiores. Tanto unas como otras son, según él, inconscientes en su principio, más algunas se transforman inmediatamente en conscientes.

Las concepciones psicológicas de Freud son deterministas: sus teorías del Inconsciente el método psicoanalítico y la teoría de los sueños, están basados en la creencia que nada se pierde en el campo de psiquis, nada pasa sin dejar su huella, y basta remontar la corriente de causas y efectos para llegar a descubrir el gérmen de los fenómenos psicológicos conscientes o inconscientes.

Al formular las relaciones de estos procesos con la conciencia, Freud postula tres grupos distintos, tres compartimientos o áreas diferentes en la mente: primero la conciencia que comprende todos los pensamientos, sentimientos e ideas conscientes para el individuo en cada instante dado, en segundo término está el pre-consciente, especie de antecámara de la conciencia, que abraza los procesos mentales no conscientes pero que pueden entrar en el campo consciente por un esfuerzo de la memoria o la actividad de la retención, y finalmente se halla el Inconsciente cuyo material sólo puede llegar a la conciencia mediante el psico-análisis y está poblado por los sentimientos e ideas que han sido reprimidos (refoulés) por el censor de la conciencia.

La experiencia le demostró a Freud que el material pre-consciente tiene profundas y múltiples conexiones en el material inconsciente. No sólo pueblan el Inconsciente los sentimientos, ideas y excitaciones que el Yo consciente del individuo reprime por considerarlos desagradables, sino los que considera impuros, de baja estofa o éticamente malos. Este es el mecanismo de la represión el cual está dirigido, determinado por el Principio del Placer que en la teoría se opone y está en lucha constante con el Principio de la Realidad, o sea el mundo exterior.

En las teorías freudistas lo que acabo de exponer equivale al mapa topográfico de la psiquis, o sea a las primeras concepciones del autor. Después Freud, tal vez por haber advertido que sus concepciones eran demasiado simplistas, quiso corregirlas superponiéndoles una nueva teoría sin conectarla claramente con la anterior, y por apoyarse en sus ulteriores trabajos ora en la una ora en la otra, le ha dado a su obra un cierto sabor de desorden, de imprecisión, de desequilibrio.

Desde un punto de vista dinámico, tal como aparecen en las últimas obras de Freud, las capas más profundas de la mente están constituídas por el Id, o sea la energía mental derivada de los instintos. El Id es impersonal, no posee los atributos de la conciencia, y comprende los impulsos e instintos primordiales, es la base indiferenciada de la mente. Desde los primeros tiempos de la evolución individual, una porción de dicho Id se diferencia del resto al contacto con el mundo exterior, es decir en virtud del Principio de la Realidad, es lo que Freud llama el Ego, que es en parte consciente, en parte inconsciente y corresponde a lo que en lenguaje corriente se llama yo. El Ego se constituye en censor del Id. Una parte del Ego a su vez, por influencia de la educación, del ambiente, se separa del Ego, Freud la llama el Super-Ego que se constituye en censor del Ego.

La parte del Id incompatible con el Ego es, según

Freud, reprimida por éste, lo mismo ocurre con la parte del Super-Ego incompatible con el Ego.

De lo expuesto se deduce que mientras en la división topográfica la diferenciación se produce por los, diremos, grados de conciencia, en la concepción dinámica freudiana, tanto el Id como el Ego y el Super-Ego son en parte conscientes, en parte inconscientes, mas el Id es algo más amplio que el inconsciente no sólo por contener una parte consciente y otra inconsciente, sino porque este último está formado sólo por el material reprimido por el censor, es decir, formado solamente por el mecanismo de la represión, mientras el primero existe con anterioridad al funcionamiento de dicho mecanismo, en cuanto a energía mental derivada de los instintos, además entran en su composición los impulsos, excitaciones, reacciones, que por su naturaleza misma son anteriores a la conciencia. Por otra parte, el inconsciente es según Freud sexual, o sea derivado del Libido mientras el Id contiene en potencia los instintos todos.

El Libido es, según definición de Freud, la fuerza mediante la cual el instinto sexual se representa en la mente.

A este respecto las teorías de Freud han sido generalmente mal comprendidas. Freud no usa el término sexual en el sentido usual, es decir, refiriéndose sólo al instinto genésico, incluye en él su constelación propia de sentimientos y placeres afectivos, y de placeres sensuales directa o indirectamente relacionados con el instinto sexual, en una palabra, todas las tendencias eróticas, toda la capacidad afectiva entran bajo la denominación Libido.

En las teorías de Freud, genéticamente, desde el punto de vista de la evolución individual, el Libido tiene por primer objeto la propia persona: es la faz del narcicismo, o del auto-erotismo, que corresponde a la primera infancia; si mismo, el propio cuerpo, es el primer objeto de amor, y ello se cristaliza en el infante primeramente en la succión, y después en la actividad de las zonas erógenas relacionadas con las funciones de evacuación. Esto

constituye las primeras actividades sexuales infantiles cuyo fin consiste en la satisfacción obtenida mediante tal o cual zona erógena. A esta fase sigue la del Libido que empieza a salirse de sí mismo y a buscar un objeto fuera de sí propio; es la etapa del Complejo de Edipo. El Libido del niño se dirige hacia la madre, el de la niña hacia el padre; y constituye el embrión de la selección sexual. Después, con las transformaciones de la pubertad, el Libido empieza a buscar un objeto en el sexo opuesto y fuera de la órbita familiar.

Aunque Freud se defienda del reproche que muy comúnmente se le hace de haber retaceado la psicología enfrascándose sólo en el estudio de las constelaciones del instinto sexual, o sea del Libido, el estudio de los instintos individuales sólo aparece en cuanto a Libido del yo en sus teorías del narcicismo y en la famosa paradoja de la vida con que corona su metapsicología y que podría sintetizarse así: El instinto individual tiene por fin la supresión del deseo, tiende al Nirvana, a la muerte, Freud lo llama el instinto de la Muerte, el instinto sexual al contrario tiende a la manutención de los deseos a la perpetuación de la especie: es el instinto de la vida.

Dejando a un lado todo lo que la metapsicología de Freud tiene de demasiado simplista y sistemática — lo cual sería muy largo de examinar aquí — una flaqueza esencial de estas teorías salta a mi vista: la falta de soporte científico de la teoría del complejo de Edipo y del auto - erotismo de la succión en la primera infancia. Respecto a este último no hallo en toda la obra de Freud un dato experimental, ni siquiera de observación, que permita inferir que el niño reciba del acto de mamar o de chupar sus dedos o un objeto cualquiera, otra especie de placer fuera del derivado del instinto de nutrición o sea un placer libidinoso como lo quiere Freud. Además, ¿en qué bases experimentales funda Freud la existencia de una etapa del complejo de Edipo en la evolución de toda mente? En haber descubierto mediante el psico

análisis, su existencia en los casos que le cupo investigar. Pero cabría preguntar, ¿es acaso legítimo inferir aquí su existencia en toda mente? El psico-análisis de individuos no atacados de desórdenes mentales daría acaso esos resultados? Por otra parte, el propio estudio minucioso de casos de histeria y de psico-neurosis, ha llevado a Freud a exagerar el rol de la sexualidad, a ver el Libido en toda manifestación de la vida psíquica. En los desórdenes mentales por él estudiados, existe siempre o casi siempre un conflicto de naturaleza sexual (empleo aquí el término en el sentido freudista); mas hemos acaso por ello de sacar en consecuencia que en toda mente existe al menos como germen inconsciente, un conflicto sexual?

Esta exageración de la sexualidad llevó a Jung y Addler, discípulos de Freud, a separarse de éste.

Partiendo también de estudios psico-analíticos, Jung ensancha la concepción freudiana del Inconsciente, incluyendo bajo este nombre, además de los sentimientos, impulsos e ideas reprimidos, todas las bases instintivas de la vida mental. Y refuta el pansexualismo de Freud al considerar el Líbido como la energía proveniente de la actividad de las disposiciones e impulsos instintivos, y concibe dos clases de Libido, el sexual y el nutritivo: a este último pertenecen los instintos individuales. Jung no acepta tampoco el concepto freudiano de identificación del instinto de succión en el niño y la sexualidad infantil, ni considera las primeras relaciones entre madre e hijo como de carácter erótico. El complejo de Edipo no es para Jung de carácter sexual, sino derivado del instinto de protección en base al instinto materno y y de la necesidad de parte del niño de ser protegido.

Addler por su parte, en sus teorías de la psicología individual, considera toda acción, todo movimiento, todo acto psíquico como tendiente hacia un fin más o menos determinado. El elemento fundamental de la naturaleza humana es la voluntad de poder; afirmarse, realizarse,

es el rol de todo Yo, o en otros términos, la energía que lleva a todo individuo a realizar sus impulsos, sus deseos, sus aspiraciones, es el Libido, base esencial de la psicología en la cual se apoya la voluntad de poder. Esto lo lleva a considerar todo desorden neurótico como un exagerado deseo de superioridad, o como una estratagema del yo para realizar la ansiada superioridad y escapar a la ingrata realidad que se opone a esos deseos. Addler refuta también la teoría freudiana del complejo de Edipo.

Pero más importante aún que las teorías sobre la psicología individual de esta escuela, es el descubrimiento, a ella debido, del método del psico-análisis o método de la asociación libre, no sólo en cuanto a método terapéutico, sino en cuanto a instrumento de investigación, pues representa el único medio de penetrar experimentalmente en las capas profundas de la psiquis, y sacar a luz materiales reprimidos en el Inconsciente por más tiempo que hayan estado allí sepultados. Las más completas investigaciones psico-analíticas en sujetos normales se las debemos a Jung, Kent y Rossanoff, Moore, Dooley, Whatheley Smith. Estos tres últimos especialmente han tratado de aplicar dicho método en investigaciones experimentales sobre el carácter y los instintos. Pero esto pertenece al campo de la psicología experimental, de lo que me propongo hablar en las dos próximas conferencias.

Sintetizando, quiero poner en evidencia antes de terminar, que a pesar de todas las divergencias concepcionales, dos lazos de unión reúnen todas estas corrientes de la psicología contemporánea. La tendencia a examinar todos los problemas desde un punto de vista dinámico, y a basar las teorías en datos experimentales, y no en inferencias a priori.

Con esto doy por terminado este rápido examen de la

posición actual de los problemas y teorías psicológicos. Habréis tal vez recibido la impresión que dentro de los ámbitos de esa ciencia hay desorden, imprecisión, teorías contradictorias. Tened en cuenta que, como ciencia natural y experimental, la psicología está aún en pañales; es la ciencia de mañana, la ciencia llamada a transcender del laboratorio para guiar la educación, para establecer la selección en las actividades intelectuales y manuales, para decir la última palabra en cuanto a las diferenciaciones sexuales o raciales, para construir los cimientos de las investigaciones sociológicas, para mostrar al juez y al abogado las normas a seguir con los delincuentes mediante las biografías psicológicas de los sujetos.

Una palabra aún antes de terminar. Yo no pretendo, os lo repito, haberos brindado el panorama del estado presente de la ciencia psicológica, sino mis modestas interpretaciones.

Todos los que toman la palabra o la pluma para dirigirse al público aspiran generalmente a regular o a influenciar las ideas de los demás, o a enseñarles alguna verdad. Yo no he abrigado las intenciones de influenciar, ni de enseñar, no deseo tampoco que mis ideas trasciendan, dejadmelas para mí, a vosotros os toca crearos las vuestras propias, si es que ya no las poseéis.

2.ª CONFERENCIA

II — Psicología experimental y aplicada

Señoras, Señores:

Después de haber tratado en la conferencia anterior sobre algunos puntos de la psicología teórica o básica, pasaré a considerar varios problemas de la psicología

experimental, colocándome siempre en idéntica posición; es decir, sin dar a mis ideas e interpretaciones más que el modesto valor de certezas, de verdades subjetivas elaboradas en el ambiente sereno de una conciencia que se ha esforzado en ver claro.

En general, las personas poco informadas respecto a las modernas normas de la ciencia psicológica, toman la psicología experimental, y aún la psicología aplicada a la pedagogía, por la nueva psicología o psicología científica. Si bien hoy, como lo dije en mi conferencia anterior, todas las teorías, todas las escuelas psicológicas basan sus concepciones y las leyes que formulan, en la experimentación, la psicología experimental en sus dos formas, la teórica o de investigación desinteresada y la práctica o aplicada, es sólo una rama de dicha ciencia. Constituye los cimientos en que se apoyan las teorías generales respecto a los modos de producción de los procesos psicológicos por una parte y por otra las diferentes ramas de la psicología.

En el estudio de los procesos psicológicos, el psicólogo experimentador que investiga los procesos mentales y el fisiólogo deben trabajar inseparablemente si se quieren obtener soluciones completas para ambas clases de problemas, pues la actividad del protoplasma, de las neuronas, tiene su eflorescencia en la sensación y la sensación tiene sus bases en la actividad celular y nerviosa. Por otra parte, los más importantes descubrimientos realizados por la psicología en lo que concierne la percepción, la memoria, la fatiga, el tiempo de reacción, las sensaciones, están actualmente apoyados en bases fisiológicas.

A la neuropsicología o psicología fisiológica, pertenecen las investigaciones experimentales destinadas a descubrir las relaciones entre las excitaciones del sistema nervioso y del cerebro y los procesos perceptivos, conativos, sensitivos e intelectuales.

La psicología experimental de los procesos de los órganos de los sentidos tiene sus bases en las transfor-

maciones químicas y los procesos fisiológicos de dichos órganos. Es el estudio minucioso de la conformación y del funcionamiento de los órganos de los sentidos lo que permite establecer el aspecto psicológico de las excitaciones sensoriales. Por ejemplo, respecto a las sensaciones visuales la psicología experimental debe mesurar las dos clases de sensaciones: las de los colores y las incoloras o luminosas, para lo cual los experimentos mediante el aparato llamado perímetro visual permiten establecer la la topografía de las diferentes áreas de sensibilidad visual de los diferente colores de las sensaciones incoloras, en la retina fóvea y periferal. Además las teorías de la visión de Young-Helmhotz que postula la suficiencia de las combinaciones de tres colores para producir las sensaciones de color y luminosas, y las de Hering, para quien las sensaciones visuales están formadas por seis colores, están basadas en datos fisiológicos.

Respecto a las sensaciones auditivas, tanto las teorías de Helmhotz o teoría de la resonancia, basada en la hipótesis que la coclea contiene un vasto número de diferentes estructuras resonadoras cada una de las cuales está acordada a un tono diferente, o las teorías de Rutherford que conciben el mecanismo auditivo similar a un teléfono, son también teorías psicofisiológicas.

En cuanto a las sensaciones cutáneas o gustativas, las investigaciones psicológicas están apoyadas en la determinación de la posición de las células tactiles y de temperatura y doloríficas y la de las papilas gustativas, y en lo que concierne a las sensaciones motrices o kinestésicas, en la fisiología de los músculos y el mesuramiento de su energía.

Es imposible además dejar de mencionar la gran influencia que ha tenido sobre el desarrollo de la ciencia psicológica los descubrimientos experimentales, verificados en estos últimos 30 años, sobre el funcionamiento de las glándulas de secreción interna, especialmente respecto a la psicofisiología del temperamento y de las emociones.

No puedo sin embargo detenerme hoy a examinar la psicología fisiológica, me limitaré al aspecto puramente psicológico sin tener en cuenta el lado psicofisiológico de la cuestión.

La psicología experimental puede, pues, ser considerada como una manera de resolver los problemas de esa ciencia que pueden ser tratados por la experimentación. Esto no quiere decir que la psicología experimental pueda resolver todos los problemas de esa ciencia, pues muchos hay que deben ser tratados por la observación, otros por los métodos genéticos o por los comparativos, especialmente en las cuestiones como la psicología diferencial de los sexos, la psicología religiosa, la psicología de las razas, en que la psicología y la sociología deben colaborar estrechamente. Además, en ciertos procesos instintivos, emocionales y de la sensibilidad en lo que respecta al mecanismo del placer y desagrado, los trabajos experimentales son aún embrionarios; no se podría basar en ellos solos una teoría completa de esos procesos.

El objeto de la psicología experimental, como el de las otras ciencias experimentales, es el de describir lo complejo en los términos más simples posibles. La psicología experimental representa la introducción de las medidas en la psicología. Trata de describir las experiencias subjetivas del sujeto y sus reacciones periferales en cantidades, en ecuaciones, en datos matemáticos contraloreables, en fórmulas descriptivas.

En psicología se entiende por experimento la observación minuciosa, la traducción en términos matemáticos, de los procesos, que se producen bajo ciertas condiciones prescriptas de antemano y fácilmente repetibles en idénticas circunstancias; pues sólo si las condiciones bajo las cuales tiene lugar el experimento son conocidas y contraloreables, el experimento puede ser repetido por el mismo u otros investigadores, y sus datos confirmados o corregidos ulteriormente.

El sujeto reacciona al experimento con procesos que

él solo puede percibir, como por ejemplo, las imágenes, los pensamientos, las sensaciones que no tienen manifestación periferal discernible, y asimismo con movimientos, reacciones, sensaciones periferales, observables, mesurables. El estudio del comportamiento (behaviour) del sujeto durante la experiencia constituye una parte muy importante de la investigación psicológica; pone a la ciencia en condiciones de obtener datos numéricos que sirvan de índice al conocimiento de la acción mental, y de observar, de registrar de una manera exacta el modo de producción de los movimientos involuntarios o voluntarios susceptibles de ser repetidos en condiciones idénticas, con o sin intervención de aparatos especiales.

Tratándose de experimentos en adultos con cierta preparación psicológica, los datos registrados por el experimentador se correlacionan con las introspecciones del sujeto, mas frecuentemente, en particular de parte de los behaviouristas, se ha objetado a la introspección experimental no sólo que sus datos no son científicos, sino que distrae la atención del sujeto y que ésta, en último análisis, es realmente retrospección. Sin embargo, no sólo la introspección es el único medio de llegar a los procesos sin manifestación periferal alguna, sino que a esas objeciones podría responderse que, mediante la práctica el sujeto va aprendiendo a ver más claro y con más facilidad en sus procesos de conciencia.

También se ha dicho que desde un cierto punto de vista la psicología experimental sostiene postulados erróneos, pues cada individuo varía tan profundamente a cada instante dado, y los individuos difieren tanto unos de otros, que las generalizaciones de los resultados experimentales se vuelven imposibles. Por mi parte, no sólo suscribo a la concepción de las profundas e irreductibles diferencias individuales, más aún, considero que cada individuo presenta un caso particular complejísimo, con características típicas, diferenciales; además, mi experiencia me enseña que mi Yo de ahora, de este

instante, no volverá a ser nunca más; mi Yo de ahora difiere profundamente de mi Yo de aquí a unos instantes, más ésto, en mi opinión, me señala los límites de ta psicología experimental y no su imposibilidad. El reproche que señalaba se refiere a los psicólogos experimentales extremistas que toman los resultados de los experimentos como invariables y pretenden que el sujeto producirá siempre resultados idénticos mientras las condiciones de la experiencia permanezcan invariables, lo que implica el renegar de la concepción de la ininterrumpida evolución psicológica. A mi modo de ver, los datos experimentales son rigurosamente exactos, dentro de los límites de los inevitables errores de observación, con respecto al sujeto dado y en el instante en que el experimento tuvo lugar, y si se trata de experimentos colectivos, con respecto al grupo dado y al momento de la experimentación. En estas condiciones se requieren cientos, miles de casos para poder establecer con cierta exactitud una ley científica general sobre un proceso psicológico cualesquiera. Por otra parte, es del rol de la psicología el determinar cómo y en qué proporción las diferentes condiciones en que los individuos puedan ser colocados alteran o influencian sus procesos psicológicos y en qué forma y por qué razón esas alteraciones difieren en los diferentes individuos. Mas la psicología experimental por sí sola es impotente para resolver semejante problema a la solución del cual sólo puede aportar los datos básicos que deben ser completados por la observación directa mediante la confección de cuestionarios, fichas o monografías psicológicas, a llenarse con datos observacionales, y que registren la curva evolutiva del sujeto y tiendan a separar en lo posible y a correlacionar la influencia del ambiente y las características individuales.

La psicología experimental, afectada por la naturaleza propia de su materia prima de investigación o sea el individuo viviente, y por las restricciones que acabo de

señalar, es sólo una colección de datos cuantitativos y cualitativos sobre los procesos psicológicos; la psicología científica, para merecer ese nombre, debe, apoyándose en esos datos, investigar las causas de los fenómenos estudiados y sus relaciones con los procesos meramente fisiológicos para establecer así sus leyes generales.

Entre los métodos de laboratorio usados por las psicología experimental. los más antiguos son los métodos psicofísicos, los cuales datan de los tiempos de Wundt y Fechner, cuando se introdujo por primera vez la medida en psicología, cuando la psicología experimental sólo se ocupaba de las sensaciones, y que comprenden el método de los límites o de las mínimas diferencias perceptibles, el método del error medio de producción, el método constante o método de errores y aciertos, y consisten en ciertas fórmulas matemáticas, ciertas ecuaciones destinadas a determinar las condiciones de igualdad o de diferencia entre las sensaciones, o en otros términos, a establecer el grado de las más pequeñas diferencias perceptibles por el sujeto, y los límites de intensidad de las sensaciones dentro de los cuales una sensación es apenas perceptible o deja de serlo absolutamente en razón de su intensidad.

Basadas en estos métodos están las investigaciones sobre la agudeza visual y auditiva; en lo que respecta a la primera, se trata de medir la más alta y más baja intensidad de luz perceptible por la retina mediante aparatos adecuados, la distancia desde la cual un tipo dado de letras es discernible, las mínimas diferencias perceptibles en la tonalidad de los colores mediante discos giratorios de diversos colores montados en aparatos especiales; respecto a la segunda, se trata de establecer la distancia a la cual es perceptible un sonido dado y las más pequeñas diferencias perceptibles respecto a las

vibraciones sonoras, mediante las horquillas resonantes y el límite superior e inferior de los tonos más altos y más bajos perceptibles, mediante el aparato de Galton.

A estos métodos también corresponden las medidas del límite de la sensibilidad cutánea mediante el estesiómetro, y de las sensaciones motrices y apreciación de los movimientos y las mínimas diferencias perceptibles en la apreciación de pesos, medidas y distancias, con aparatos y material adecuados.

A los métodos psico-físicos se agregaron después los llamados métodos estadísticos, hoy lo más importantes en la psicología experimental. Su verdadera importancia reside en el hecho que es incompatible con los métodos científicos el sacar conclusiones de un solo experimento.

Los métodos estadísticos en psicología permiten relacionar en una serie de experimentos los unos con los otros y reunirlos en una fórmula, una cantidad, que los exprese en conjunto.

Además, hoy las teorías generales, las inferencias, en psicología han dejado de apoyarse en el hombre en abstracto, para basarse sólo en los resultados dados por series o grupos de individuos observados o que han sido sometidos a la experimentación.

La misma diversidad de los individuos hace en modo que las diferentes repeticiones del mismo experimento raramente produzcan idénticos resultados. En psicología esas discrepancias entre los resultados de cada experimento o de cada individuo es lo más interesante.

La medida estadística más simple o sea el término medio de los resultados de un grupo o de una serie de experimentos en el mismo individuo, es con frecuencia demasiado escueta y no es tampoco representativa del grupo. Lo que más interesa averiguar al psicólogo son las variaciones individuales y las condiciones que las producen. Por lo tanto, las más representativas de las medidas estadísticas son los coeficientes de variación o sea la variación media que es el término medio de las

variaciones del término medio, la «standard deviation» (uso el vocablo inglés) que es la raíz cuadrada del cuadrado de las desviaciones, la variación media proporcional al término medio, la variación central (mode en inglés) o sea la medida que abraza mayor número de casos, la media y los cuartos y los «percentiles» usados estos últimos en gran escala en la psicología aplicada a la pedagogía. Más importantes aún son los trazados gráficos y las curvas de campana o diagramas basados en la teoría de la curva normal o binomial, que permiten apreciar de una sola ojeada la distribución del grupo y la cantidad de individuos medidos, y el error probable o sea la medida que según el cálculo de probabilidades, permite apreciar el valor de la serie de experimentos efectuada con respecto a su repetición en innumerables casos.

En estos últimos veinte años la psicología se ha enriquecido con la introducción en su metodología de la teoría de correlaciones, fórmula matemática inventada por Bravais y que tiene por objeto calcular las variaciones concomitantes entre dos series de fenómenos. Esta teoría matemática fué primero aplicada por Pearson y Galton a la biometría; el prof. Spearman fué uno de los primeros que aplicó la teoría a las investigaciones psicológicas y creó además una nueva fórmula de correlaciones llamada «Rank-formula». Las correlaciones en psicología tienen por objeto determinar en qué proporciones los individuos que poseen en mayor grado una característica, una aptitud cualquiera, tienden a poseer otra también, o en otros términos, el cálculo de correlaciones establece si los individuos que han dado mejores resultados en un test tienden o no a ser los mejores en otros test y en qué proporciones. El cálculo de correlaciones es hoy casi puede decirse la llave maestra de la psicología experimental. Desgraciadamente no puedo detenerme a explicar ni en qué consisten las diversas fórmulas algebraicas de correlaciones — he hablado sólo

de la principal, — ni entrar a examinar las a mi modo de ver exageraciones y abusos de su aplicación que ha producido la aureola matemática de dichas fórmulas.

Sintetizando, los procesos y características psicológicas susceptibles de ser estudiados por los métodos experimentales son:

Las características físicas: altura, peso, índice encefálico y todas las otras medidas antropométricas. Determinación de las capacidades físicas y motriz y de la capacidad respiratoria o vital mediante el espirómetro, los diversos dinamómetros y el ergógrafo de Mosso, y de la regularidad y rapidez de los movimientos mediante los test de punteado y el aparato de Mac Dougall llamado « tapping machine », y de la precisión y estabilidad de los movimientos mediante la tabla metálica perforada y el estilógrafo.

Las capacidades sensoriales representan uno de los más vastos campos experimentales. Respecto a las sensaciones visuales tenemos: la agudeza visual y las oscilaciones y contralor de los músculos oculares que se investiga con los test de miopía, astigmatismo y heteroforia; la ceguera de los colores y el daltonismo entran también en el campo de la psicología experimental, lo mismo las investigaciones sobre la visión unicular y binocular para lo que se usa el estereoscopio, el índice de diferenciación de las tonalidades de los colores, y la determinación del índice de aprehensión visual instantánea y de la atención visual mediante el tachistóscopo. Con referencia a las sensaciones auditivas se investiga experimentalmente: la agudeza auditiva con el acúmetro de Politzer o de Titchner o el audiómetro de Seashore, la diferenciación de las tonalidades binaural y uniaural y el límite superior e inferior de intensidad de los sonidos perceptibles.

El campo de investigación de las sensaciones gustativas y olfativas es más restringido y menos interesante para la psicología; el índice de sensibilidad cutánea y

visceral y las sensaciones doloríficas tienen mayor importancia, se investigan con los diferentes estesiómetros, como ya lo dije.

El tiempo de reacción, o sea el intervalo transcurrido entre la exibición de un estímulo y la reacción del sujeto medido en milésimos de segundo con el cronóscopo de Hipp, se encuentra también entre las investigaciones de la psicología experimental. Las reacciones pueden ser simples, compuestas de elección, y asociativas.

Los procesos psicológicos complejos investigables por la experimentación son: la retención, la memoria, la atención, la asociación de ideas, la educción de relaciones, comprensión, el razonamiento, la sugestibilidad, la fidelidad del relato, las descripciones, etc.

En estos últimos quince años otros dos procesos han venido a agregarse: las oscilaciones psico-fisiológicas de la atención y la perseverancia o sea la tendencia de contenido mental a permanecer o a reaparecer espontáneamente en la mente después de la cesación del estímulo.

Otro campo interesante y fecundo en aplicaciones prácticas, son las investigaciones sobre los efectos psico-fisiológicos de la fatiga física y mental que comprenden las mediciones de los efectos de la fatiga física y mental sobre el pulso, la circulación y la fuerza muscular y sobre la eficiencia muscular o mental mediante los llamados tests interpolados, como asi mismo la determinación de las curvas de trabajo mental y muscular.

Los procedimientos experimentales respecto a los procesos sensitivos del placer y del desagrado son de dos clases: de impresión, o sea mediante test basados en la introspección del sujeto, y de expresión o sea mediante los aparatos como el pneumógrafo, el esfimógrafo y el pletismógrafo, que registran las variaciones de la circulación del pulso, del volumen de los miembros, durante el esfuerzo mental y las experiencias agradables o desagradables; se usa además el aparato de Weatsone para

medir el reflejo psico-galvánico en sus relaciones con la emotividad y sensibilidad.

Los procesos volitivos se investigan mediante test especiales basados en la introspección.

La parte experimental en lo que se refiere al carácter y temperamento se reduce a la aplicación del método de la asociación libre; se analizan las asociaciones del sujeto y se infieren así las características dominantes, el perfil del carácter. Pero todas estas investigaciones aún están en período de ensayo; la investigación más importante y más completa es la de Wolgemouth, las de Jung, Kent y Rosanoff, Moore y Dooley, también han contribuído a arrojar algunas luces y marcar directivas en cuestión tan seria y compleja.

La parte de la psicología experimental más interesante para las aplicaciones pedagógicas es sin duda alguna el estudio sobre las diferencias individuales en lo que concierne a las diversas aptitudes.

Respecto a las habilidades, se han adelantado tres teorías principales, la teoría oligárgica o multifocal, la del nivel general o del término medio y la teoría de los dos factores. Tened en cuenta que es ésta una clasificación grosso modo, a grandes rasgos, que abraza sólo las más destacadas características de las teorías más importantes, más diferenciadas.

La primera postula que las habilidades dependen de las tradicionales facultades de conciencia y son independientes unas de otras; cada aptitud es un ente autónomo. Es el punto de vista clásico, el más antiguo, data de Platón, y ha pasado a ser la concepción vulgar, la de «the man in the street» como dicen los ingleses. La teoría del nivel general por el contrario, considera las diferentes aptitudes medidas por los tests como representativas del nivel general de inteligencia o de capacidad global del

individuo. En esos principios están basados los tests de Binet-Simón, los de Vermeylen y de Sanctis. Con los citados tests no se mide ninguna habilidad específica, sino que se escogen las características consideradas por los autores como más representativas de la inteligencia, como ser: la memoria mecánica y lógica, razonamiento, comprensión, construcción lógica, definiciones, descripciones, índice informativo; y el resultado final o sea el coeficiente intelectual o la edad mental del sujeto, es el índice del conjunto de esas habilidades o sea la inteligencia global.

Posteriormente apareció en el horizonte psicológico la teoría del profesor Spearman, llamada teoría ecléctica o de los dos factores. Contrariamente a la teoría anterior que parte de observaciones, de inferencias, para formular las normas experimentales, la teoría ecléctica parte de la propia experimentación. Es una teoría matemática, demasiado matemática a mi modo de ver, basada en el cálculo de correlaciones. El descubrimiento que los coeficientes de correlaciones de ciertas habilidades tienden a guardar una cierta intercorrelación — discernible mediante la fórmula matemática llamada ecuación tetrad o diferencia tetrad inventada por Spearman — llevó a éste a formular la teoría que esas habilidades tienden a correlacionarse en virtud de poseer un factor general en común. Toda aptitud, toda habilidad pues, está formada por un factor general y un factor específico propio de la actividad en cuestión.

En la teoría, el factor general equivale a la cantidad de energía mental quc posee el individuo; representa la medida fundamental de toda mente dada. Es un concepto algo más amplio que el de la inteligencia, pues envuelve procesos tan simples como el discernimiento sensorial.

Las investigaciones de Spearman, en las que han colaborado colegas y discípulos suyos, han establecido que los procesos incluídos en el factor general son aquellos que implican la educción de relaciones, como por ejem-

plo, la memoria lógica, el razonamiento, la comprensión, la imaginación, concentración de la atención, exactitud y precisión en los procesos mentales, como también la habilidad de discernimiento en las percepciones sensoriales. En base a la teoría de los dos factores se tiende también a demostrar que el factor general o la energía mental no se correlaciona con la emotividad, el tiempo de reacción, rapidez en los procesos mentales, y difusión de la atención. La perseveración o inercia de los procesos mentales, y las oscilaciones psico-fisiológicas de la actención, hasta ahora aparecen ante las investigaciones experimentales como grupos de aptitudes independientes del factor general.

Las investigaciones de Webb, discípulo de Spearman, adelantan la concepción de otro factor general de naturaleza volicional y no intelectual, bautizado «W» (por abreviación al factor general se le llama «G») y que corresponde a la persistencia de los motivos en las decisiones y en el carácter, o en otros términos, a la consistencia en la acción resultante de las voliciones deliberadas. Representa la energía conativa del individuo.

A mi modo de ver el punto débil de la teoría de los dos factores reside en que por estar basada en el cálculo de correlaciones únicamente, puede descubrir y medir el factor general o los específicos, en los grupos, como también, mediante una ecuación especial, la energía mental de un individuo en cuanto a unidad del grupo. Es decir, que para encontrar la energía mental de un individuo hay que colocarlo en un grupo, y medirla con relación a éste. Por lo tanto, el factor general de un individuo dado variaría al colocarlo en grupos diferentes, aunque el sujeto hubiera dado en todos los casos idénticos resultados en los tests a que hubiere sido sometido. La teoría pues, necesita ser perfeccionada en forma de poder determinar la energía mental del individuo en sí.

La psicología de las habilidades es quizás el tópico más interesante en lo que se refiere a las aplicaciones de la psicología a la pedagogía. Determinar qué aptitudes poseen los niños y en qué grado y cual es su nivel intelectual, es el principal rol de la psicología en la escuela. Ese rol consiste en seleccionar los niños por sus aptitudes y habilidades, por su nivel intelectual, por sus características sensitivas, emocionales, temperamentales.

Al aplicar la psicología a la escuela, lo primero, lo más esencial, es determinar la inteligencia global o edad mental de los niños. Esto además de permitir graduar y seleccionar las clases según la inteligencia natural de los alumnos y no según el grado de la instrucción adquirida y de constituir así una guía, una norma, para el maestro, es lo único que pone en condiciones de hacer una selección inmediata, exacta, científica, de los niños de inteligencia normal o sea los que pueden beneficiar de la instrucción usual en las escuelas, y los de inteligencia anormal o deficiente, los cuales por debilidad o inaptitud física o mental, deben recibir educación e instrucción especial en establecimientos adecuados.

No me detendré aquí a detallar la técnica y los tests Binet-Simón o Terman, que son los más comunmente usados a los efectos de determinar la edad mental; los tests son ya universalmente conocidos. Solo diré que, pese a su nombradía mundial, y a los beneficios prácticos que han aportado a la pedagogía, tienen a mi modo de ver un gran defecto, pues aunque pretenden penetrar hasta adentro, hasta la inteligencia natural, sin tener en cuenta los conocimientos adquiridos, varios tests apelan demasiado al verbalismo y a la instrucción recibida, y son la mayor parte de ellos inaptos para analfabetos. Citaré como ejemplos los tests de completar frases, de definiciones, de vocabulario, los tests de pronunciar el mayor número posible de palabras en un tiempo dado.

Respecto a los tres primeros un analfabeto o una persona que no tenga ninguna o posea muy pocas de las

nociones que comunica la escuela primaria, no podrá salir airosa de la prueba aunque sus facultades de comprensión no fueran deficientes, y en cuanto a los últimos señalados, favorecerán en proporciones injustas al sujeto de verba fácil y colocarán en condiciones de inferioridad al sujeto reconcentrado, taciturno, sin contar que, como lo han demostrado más recientes investigaciones, la prontitud en los procesos mentales no se correlaciona con la inteligencia. La escala pues rebajará fatalmente, arbitrariamente, el coeficiente intelectual del sujeto que no haya pasado por la escuela primaria. Son tests para la población escolar, pues hasta el defecto del verbalismo queda en algo atenuado a ese respeto, dado que la escuela tiende a desarrollar en el niño el verbalismo obligándolo a expresarse.

De todas estas críticas no debe colegirse que yo crea posible medir las aptitudes intelectuales puras, es decir, sin tener en cuenta la influencia del ambiente y de la experiencia anterior sobre la psicología del sujeto. Considero que desde el momento en que ocurre en el individuo el primer estremecimiento delator de la vida, el ambiente empieza a ejercer su influencia sobre éste; los procesos psicológicos no trabajan aisladamente sino al contacto con el ambiente; la psicología individual es la resultante de las reacciones de las características propias del individuo en el medio en que le cupo actuar, y ambas están intimamente entrelazadas. En psicología, lo que se mide siempre es el individuo social, o sea un individuo que vive en sociedad, y lo que habría que corregir, lo que se puede suprimir de la escala mental, es la influencia de la escuela y no la del ambiente.

Los tests de Vermeylen y de de Sanctis para seleccionar anormales y deficientes mentales, aunque demasiado simplistas y esquemáticos para construir con ellos una escala general de inteligencia, no poseen los defectos que acabo de señalar.

Decía, pues, que los que los tests de Binet-Simón y de

Terman son sólo adaptables a la población escolar y a los individuos que ha pasado por la escuela, por ese motivo hace unos cuantos años cuando se trató de establecer en el ejército norteamericano una selección de los individuos basada en la psicología experimental que dicho sea de paso ha producido los más halagüeños resultados lo que ha determinado la adcripción a la Armada de un cuerpo de psicólogos — se fabricaron dos clases de tests para la escala de inteligencia, una para los individuos con instrucción y otra para los analfabetos, cuyos tests son casi en su totalidad « performance tests » o sea tests manuales, de habilidad motriz, de construcción lógica. En la escala para sujetos instruídos hay también varios « performance tests ».

La escala Binet - Simón podría ser corregida sustituyendo los tests cuyos defectos acabo de señalar por «performance tests»; esto sobretodo la haría más eficaz, más adecuada, para establecer las líneas de demarcación, el porcentaje de retardación mental necesario para clasificar los individuos en normales y deficientes mentales.

Ahora bien, esas escalas de inteligencia no han sido fabricadas a priori, es decir, no responden al hecho que un psicólogo o un grupo de psicólogos, hayan considerado que tales o cuales tests son representativos de tal o cual edad mental; no, las escalas han sido frabricadas experimentalmente, o en otros términos, son el resultado de haber sometido previamente a dichos tests centenares de niños, siguiendo una técnica especial que no puedo entrar a detallar aquí. En mi opinión, la técnica de Burt es más perfecta que la de Terman o Claparède. Pero esas escalas son sólo válidas para el país del cual se han elegido grupos representativos para fabricar la escala. Antes de aplicar la escala a la población escolar de un país hay que empezar por los trabajos experimentales de adaptación de la escala. Nada nos faculta a decidir a priori que la escala podrá ser aplicada sin modificaciones, las diferencias raciales, las diferencias en

la organización social, son factores que modifican los procesos intelectuales.

No se puede decir a priori que las mismas pruebas que en Francia o Estados Unidos son representativas de una edad mental de ocho años, por ejemplo, lo serían también así en el Uruguay; nuestros niños prodrían ser más precoces.

Como decía hace unos instantes, el beneficio más importante a esperar de las escalas de inteligencia es la selección, el diagnóstico inmediato de los normales y débiles mentales. Este es un problema de alto interés social.

La única selección posible en ausencia de la aplicación de la escala mental, salvo en los casos más burdos, más extremos, de cretinismo y deficiencia mental por taras físicas o psicológicas, es el más rígido empirismo, es decir, después que el niño ha pasado dos o tres años en la clase junto con los otros niños de su edad física, recibiendo nociones que no pueden llegar a su inteligencia porque inadecuadas a su edad mental y a su comprensión, sufriendo las burlas de sus compañeros, lo que desarrollará en su alma el sentimiento de inferioridad, una pérdida de confianza en sí mismo que dejarán huellas imperecederas en su personalidad, entonces y sólo entonces, después que el mal está hecho, podrá el maestro proponer el pase del niño a una escuela de retardados mentales. Todos esos males el estudio psicológico del niño puede evitarlos; basta un corto examen psicológico para demostrar al psicólogo si la inteligencia del niño está dentro de los límites requeridos para poder beneficiar de los métodos comunes en las escuelas o es un retardado o un débil mental. Pero el poder llevar esto a la práctica requiere un trabajo preparatorio de adaptación experimental de las escalas, mucho más complejo que el de prepararla para la población escolar en general. La idiosincracia de los niños, los mismos métodos vigentes en las escuelas comunes o en las espe-

ciales para retardados y subnormales, pueden marcar proporciones diferentes del límite de demarcación o del porcentaje de retardación necesario para establecer la selección.

Más las aplicaciones pedagógicas de la psicología no se reducen a las investigaciones de la edad mental; hoy la psicología experimental está ya en condiciones de determinar no sólo la inteligencia global, sino también las otras aptitudes y habilidades que señalaba hace unos instantes al hablar de la psicología de laboratorio. No sólo la inteligencia sino todas las aptitudes psico-físicas son interesantes para la pedagogía cuyo primer postulado debe ser adaptar la enseñanza a la psicología de los alumnos, y no ésta a los métodos de enseñanza. El primer cuidado del maestro debe ser conocer a los niños, no al niño en abstracto como lo pintan los tratados de pseudo pedagogía, a los niños concretos que se sientan al pié de su cátedra, para poder realizar así el ideal de individualización, para no tratar de imponerles sus ideas, de formarlos, lo cual equivale a deformarlos, y limitarse a guiarlos para que aprendan por sí mismos, para ponerlos en condiciones de formarse a sí mismos. Por lo tanto, a la determinación de la edad mental hay que agregar, mediante la confección de fichas o monografías psicológicas, todos los datos psico-fisiológicos del niño, como ser, edad, peso, altura, medidas antropométricas, examen médico, antecedentes hereditarios psico-fisiológicos y patológicos, situación social, profesión y características psicológicas de los padres, y los resultados de las investigaciones sobre el sujeto respecto a la potencia sensorial, aptitudes físicas, motrices, etc., resistencia a la fatiga, resultados de los tests mentales especiales de memoria, imaginación, etc., aptitudes morales, observaciones sobre la manera de reaccionar del niño en la clase, en los juegos, actitud hacia los compañeros, maestros, estudios preferidos, etc. El punto referente a las cualidades morales merece ser examinado con especial

detenimiento, pues se tiende con demasiada frecuencia a llenar las fichas psicológicas con clasificaciones más o menos exactas o minuciosas: como consecuencia de los hechos observados, se clasifica al sujeto en colérico, reservado, etc., subdividiendo cada clasificación en dos o más grados. Más nada hay tan cambiante como la psicología del niño, y toda clasificación tiende a considerarla inmóvil, a fijarla, es por lo tanto irreal, equivale a renegar de toda la ciencia psicológica que considera la psiquis en evolución constante. Además esas clasificaciones, por ser basadas en datos éticos, son muy resbaladizas, muy peligrosas; con la misma honestidad, con la misma veracidad, una persona, en virtud de su educación, de sus prejuicios, puede clasificar un individuo en un casillero donde otro no soñaría nunca en ponerlo. Por otra parte, la psicología no trata nunca de lo que debiera ser, estudia, muestra los individuos tal como aparecen a los ojos del psicólogo, sin establecer juicios morales a su respecto; la psicología no es la moral.

Una ficha, monografía o perfil psicológico ¿debe ser descriptivo, debe registrar la evolución física intelectual y moral del individuo, además, si las monografías han de ser datos científicos que han de servir después al niño en su vida ulterior, en lo que respecta a la elección de una profesión, o a otra cualquier circunstancia? ¿cómo podríamos darle una etiqueta que permanecería siempre inmutable, cuando aunque respondiera a la realidad de ayer del individuo, no correspondería a su realidad de hoy o de mañana? Por lo tanto, las fichas psicológicas deben ser descriptivas; las opiniones, las clasificaciones del observador o experimentador no interesan.

A esta ficha o monografía médico-psico-fisiológica hay que agregar la ficha escolar, o sea la nómina de los conocimientos adquiridos por el niño durante su estada en la escuela, sus estudios preferidos, en los que se ha destacado, basándose también en el método descriptivo.

El rol práctico más importante de las monografías o

perfiles psicológicos en su utilización en la orientación profesional o guía vocacional de los niños, o sea la investigación de las aptitudes psico-fisiológicas del niño al objeto de determinar su actitud o inaptitud para la profesión en la cual se propone ingresar.

Aquí la psicología está llamada a colaborar en la solución del enorme, complicado y apremiante problema de economía social que tiene por objeto el seleccionar los individuos y utilizar sus actividades de acuerdo a sus aptitudes. La organización científica del trabajo requiere la mejor utilización de las energías individuales, y que cada persona esté en su puesto, lo que redundará en beneficio del individuo y de la colectividad; en esto reside al menos una gran parte de la fuerza de una nación. Si en vez de establecer una organización metódica del trabajo, dejamos ésta librada al azar y a la sola ley de la oferta y la demanda, en lugar de una maquinaria cuyas piezas y engranajes contribuyan al mayor rendimiento, tendremos piezas invertidas, desarreglos, atascamientos; el caos, en una palabra.

La instauración de la orientación profesional requiere el estudio experimental, concienzudo de los dos factores primordiales: el individuo y la profesión, o sea, las aptitudes físicas y psicológicas del postulante y las aptitudes requeridas por la profesión, industria o actividad en cuestión.

El aplicar los métodos y los descubrimientos de la psicología experimental a la orientación profesional, equivale, no sólo a investigar las aptitudes del sujeto mediante la construcción de las fichas o monografías individuales que acabo de mencionar, sino también a establecer qué aptitudes son requeridas, y en qué grado, para poder desempeñar airosamente una profesión dada. Estudiar las diversas profesiones desde el punto de vista psicológico, quiere decir determinar experimentalmente qué procesos psicológicos, qué habilidades están implicadas en el ejercicio de cada profesión y cual es el límite mínimo requerido.

Por ejemplo, una vista capaz de ver y reconocer en la semioscuridad, un mínimo de sugestión motriz, atención difusa respecto a excitaciones visuales y auditivas y ambas combinadas, regularidad y prontitud en el tiempo de reacción, apreciación de las velocidades y distancias, tenacidad en el esfuerzo, reunir fácilmente en grupo movimientos diversos, son necesarios a los conductores de trenes, autómoviles u otra clase de vehículos; a los aviadores y maquinistas de barcos es necesario además la resistencia al vértigo.

Destreza manual, tenacidad y regularidad en el esfuerzo son indispensables a los obreros empaquetadores, embaladores, etc.

Atención difusa, memoria de números, agudeza auditiva y habilidad en distinguir los sonidos, son requeridos para la profesión de telegrafista, telefonista.

Una buena memoria visual y auditiva es necesaria a los bibliotecarios.

Agudeza tactil, ser capaz de evaluar las pequeñas distancias y desviaciones, agudeza visual, estabilidad del pulso y seguridad de los movimientos, y una buena distinción de las tonalidades de los colores son necesarios a los encuadernadores, relojeros, joyeros y a los que se dedican a la orfebrería.

La lista sería muy larga de completar.

Para establecer el límite de cada aptitud específica requerido para poder desempeñar cada profesión, se deben examinar grupos de individuos ya ingresados en ella. Cuando las investigaciones se efectúan sobre procesos en los cuales la práctica pueda haber influído, como por ejemplo, la destreza manual en los obreros empaquetadores, la retención de números en las telefonistas, hay que dejar un margen, es decir, colocar el límite en un nivel inferior a los datos experimentales obtenidos en esas investigaciones previas.

En la técnica de adaptación o « standardisación » (Disculpad el neologismo) de los tests para orientación pro-

fesional hay que mencionar también las comparaciones, mediante el cálculo de correlaciones, de los resultados de los tests en los obreros y empleados y las apreciaciones respecto a su eficiencia de los patrones o capataces, o mejor aún con los resultados obtenidos por los obreros o empleados en su trabajo. También es necesario correlacionar los resultados de los tests de los postulantes con los que ya están en el trabajo.

Lo que decía hace unos instantes respecto a las investigaciones previas de standardisación de los tests de aptitudes y de la escala mental en sus aplicaciones pedagógicas, se aplica también a ambas clases de tests en sus aplicaciones a la orientación profesional. Cada país tiene que adaptar sus escalas a las características propias de sus individuos y de su organización social. El primer paso es la standardisación de la escala mental, o sea determinar experimentalmente, tomando como índice los individuos ya ingresados, la prueba en qué límite de edad mental o de capacidad intelectual es requerido para las diversas clases de profesiones, las puramente manuales, las manuales que requieren inteligencia e iniciativa, y las intelectuales.

Nos queda aún por examinar los llamados tests vocacionales, o sea los tests especiales creados solamente al efecto de la orientación profesional, y que en su mayor parte son muestras o reconstrucciones en miniatura del trabajo a efectuarse. A la primer clase pertenecen los tests de Thursdone para los que quieren dedicarse a la ingeniería, a la mecánica o a la arquitectura, y que representan problemas prácticos de mécanica, matemáticas, etc. Algunos tests de Decroly y de Burt y muchos otros que sería largo enumerar, entrarían también en esta clasificación. A la segunda clase pertenecen los tests verificados con los aparatos especiales usados en Alemania y con el aparato de Piéron, para el examen de conductores de vehículos, chauffers, maquinistas, que colocan al individuo en condiciones similares a aquellas en que se

encontrará en el ejercicio de su profesión, y exigen del individuo reacciones idénticas a las exigidas por ese género de actividad.

A pesar que la bibliografía sobre los trabajos e investigaciones relacionados con la orientación profesional es ya enorme, y de los numerosos «bureaux», oficinas, laboratorios y sociedades que se ocupan de llevarla al terreno de las realizaciones prácticas en Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Alemania, Bélgica y Barcelona, aún no se ha conseguido aplicar las teorías y los métodos de la orientación a todas las profesiones.

En lo que se refiere a las carreras liberales y científicas se reduce, y esto en muy pequeña escala y solamente en Alemania y Estados Unidos, a haber fijado el límite de coeficiente intelectual necesario para entrar en ellas.

Las profesiones que cuentan ya tests standardizados, y en las cuales ya se practica la selección vocacional son: Empleados en general, dactilógrafos, taquígrafos, bibliotecarios (respecto a estos últimos el movimiento es aún embrionario) obreros de fábrica (a este respecto las aplicaciones prácticas no son tan numerosas como fuera de desear), empleados vendedores, modistas, enfermeras, aviadores, chauffers, maquinistas, conductores de vehículos, telegrafistas y telefonistas, y la selección en el ejército efectuada en gran escala en E. U.

Las investigaciones preparatorias en los laboratorios se multiplican, el movimiento se acentúa; la orientación profesional no sólo tiene un bello porvenir, sino que está llamada a contribuir eficazmente al progreso social, económico y cultural de los pueblos. A pesar de su juventud, ha realizado ya un enorme esfuerzo: la idea de la orientación profesional data de pocos años antes de la guerra, y nació casi contemporáneamente en Bélgica, Alemania y Estados Unidos.

Los « bureaux » u oficinas vocacionales hoy en ejercicio, especialmente en Estados Unidos, no sólo proceden al

examen psicológico de los postulantes, sino también les suministran datos económicos sobre el estado del mercado del trabajo de la profesión en que quieren entrar, como ser, sueldos, desocupación, posibilidades de hallar puesto etc.

Desgraciadamente los límites de una conferencia me impiden entrar en más detalles; el tema elegido es demasiado vasto para poderlo profundizar aquí. Os he ofrecido solamente una visión superficial sobre la psicología experimental y aplicada.

No puedo tampoco detenerme a examinar tópico tan interesante como las contribuciones de la psicología a la determinación científica de la jornada de trabajo en vista de obtener el mayor rendimiento con el mínimo de esfuerzo, y la influencia de la interrupción de la jornada por cortos descansos intercalados.

Dejaremos esto para otra ocasión.

3.a CONFERENCIA

III—Las aplicaciones de la Psicología a la diagnosis y reeducación de menores delincuentes

Uno de los más complicados, más interesantes y más urgentes problemas de la psicología aplicada, es sin duda alguna el de la diagnosis y reeducación de los menores delincuentes, y consiste en establecer de qué manera y en qué proporciones los métodos psicológicos están capacitados para diagnosticar las causas que han precipitado a los individuos en el crimen, para proporcionar la prevención de este último y para instaurar el tratamiento más adecuado al objeto de desarraigar las tendencias a la delincuencia y convertir a los que han transgredido las leyes o las costumbres en miembros útiles a la sociedad y a sí mismos.

El punto de vista del psicólogo, en lo que se refiere a los delincuentes, difiere esencialmente del punto de vista legal del magistrado, de las investigaciones policiales y del punto de vista del moralista, pues no reside en la clasificación e investigación de la infracción, sino en el estudio analítico y el tratamiento científico de los individuos. Desde el punto de vista legal el delito «es la transgresión de la ley»; desde el punto de vista de los moralistas modernos «es una acción que está en contradicción con la ley moral formulada, aceptada, y practicada por la sociedad o grupo a que pertenece el delincuente». Más ninguna de esas concepciones puede satisfacer el criterio del psicólogo. Tanto el moralista como el magistrado no se detienen a examinar cuál es la naturaleza, la diferenciación psicológica, del individuo considerado como delincuente.

El análisis psicológico no ha descubierto ningún instinto, impulso o tendencia que en virtud de su esencia psicológica pueda ser calificado como criminal. En la mente y en la conducta de los delincuentes actúan las mismas fuerzas mentales, los mismos procesos, que en los individuos no delincuentes. Las delincuencias más comunes consisten casi únicamente en las reacciones hereditarias que constituyen los instintos comunes a toda la humanidad. El robo, por ejemplo, es una manifestación del instinto de adquisición, que en muchos casos puede tener también como factores causales el instinto de conservación y el sexual. Las violencias contra otras personas pueden ser manifestaciones del instinto de combate, de la cólera, de los celos o del instinto de la propia conservación o del de propiedad. Los delitos sexuales y pasionales son manifestaciones del instinto sexual. La lista sería muy larga de completar.

En realidad, el estudio de las causas psicológicas que producen eso, que en términos legales o sociales se llama crimen o delito, no admite divisiones tan precisas como las que acabo de exponer, pues son el resultado de ca-

racterísticas y predisposiciones hereditarias o adquiridas, fisiológicas y psicológica a la vez, refundidas y combinadas con la influencia del ambiente y de la educación El rol del psicólogo consiste en descubrirlas, desentrincarlas, analizarlas, medirlas.

Por lo tanto, desde el punto de vista puramente psicológico, no hay línea de demarcación entre individuo delincuente y no delincuente, la diferenciación entre las características psico fisiológicas de los individuos que han caído en lo que los magistrados o los moralistas llaman delito, y los demás miembros de la sociedad, es, pues para los psicólogos cuantitativa y no cualitativa, es cuestión de grados en las manifestaciones de los instintos, reacciones, conducta y carácter. La delincuencia no es por lo tanto una característica o concepción psicológica, sino un concepto, una clasificación social. El más superficial examen de la historia de la humanidad demuestra que cualquier clase de acción humana puede convertirse en delito, en prohibición, por el sólo hecho de estar en desacuerdo con los conceptos morales aceptados por un grupo o sociedad.

La psicología puede ser considerada como la ciencia *que investiga las características* y la actividad (behaviour) de los seres vivientes; la actividad es el resultado de la vida psicológica, y el estudio de los procesos mentales en su aspecto normal y patológico es su principal objeto; en consecuencia, la psicología puede estudiar con éxito el así llamado comportamiento criminal y sus descubrimientos y la aplicación de sus métodos resultará de un gran valor práctico y científico.

El psicólogo debe pues estudiar los delincuentes en cuanto a individuos. Mas como por las razones que acabo de exponer, el individuo delincuente no puede ser definido en términos puramente psicológicos, para sentar las bases de este estudio he de recurrir a una definición psico-sociológica que yo expresaría así:

Para el psicólogo investigador, delincuente es todo in-

dividuo cuyas reacciones, en la actual organización de la sociedad, pueden ser consideradas como maléficas para el grupo al cual el individuo pertenece o para el individuo mismo y la comunidad al mismo tiempo.

Al psicólogo toca pues emprender una intensa y minuciosa investigación sobre las características y reacciones personales y hereditarias, y sobre las influencias del ambiente que han llevado al individuo a eso que se llama delito, tratando de separar estos últimos factores de los primeros. Con este objeto debe, pues, confeccionar una biografía, ficha o monografía psico-fisiológica del sujeto, tomándolo desde su vida intra-uterina, e incluyendo su historia familiar, y las influencias del ambiente sobre el desarrollo de sus características psico-fisiológicas, y en base a ese estudio psico gráfico, puede ponerse en condiciones de diagnosticar los factores causales del delito y el tratamiento adecuado.

El problema de la delincuencia en los menores debe ser considerado desde el punto de vista de la psicología genética: es un aspecto especial de la psicología infantil. La cuestión de la reeducación de los menores implica la observación y la medición de los impulsos, reacciones instintivas, disposiciones, carácter, inteligencia global, aptitudes especiales, al objeto de dirigirlos, de enderezarlos hasta senderos considerados más convenientes para el individuo, el grupo, la comunidad o las combinaciones de ellas entre sí.

La aplicación de esas monografías psico-fisiológicas, equivale a descubrir los mecanismos psico-fisiológicos que actúan en la mente de los menores clasificados como delincuentes, y representa un instrumento para poder establecer su reeducación sobre bases científicas.

El estudio de la psicología de los delincuentes se encuentra aún en un estado bastante deplorable.

En los siglos pasados, cuando la psicología era aun una rama de la filosofía, el problema de la delincuencia era tratado solamente desde el punto de vista de la metafísica y de la ética; de acuerdo a la bien conocida teoría de la libertad humana, todos los criminales, descartados los locos y los imbéciles al último grado, eran considerados como responsables. El criterio de la responsabilidad penal y moral era la llave maestra de la filosofía penal, y la represión del crimen el único fin de los castigos impuestos. En cuanto a los menores delincuentes, por el hecho de haber llegado a la edad de la razón eran considerados como responsables y se les aplicaba también métodos puramente represivos.

La criminalogía se constituyó en ciencia separada hacia mediados del siglo pasado, y es el resultado de la convicción que algo más humano, más concreto, debía sustituirse a la vana e insoluble discusión de la responsabilidad, la clasificación de los delitos y la aplicación de métodos represivos de acuerdo a la naturaleza de la infracción y no a la del infractor.

Aparecieron pues tres escuelas de criminalogía; la escuela italiana o antropológica representada por Lombroso, Sergi, Ferrero y Marvo, para la que el criminal se diferencia por ciertos estigmas de degeneración y todos los criminales son epilépticos reales o latentes; sus teorías, sus conclusiones y su concepción del criminal nato, basada solamente en mediciones antropométricas, han han sido después invalidadas y refutadas por ulteriores investigaciones más prudentes, más minuciosas, y fundadas en bases más amplias, citaré como ejemplo la obra de Goving «The english convict». La escuela de medicina mental o escuela psiquiátrica, cuyos más destacados adeptos son Maudsley, Wirchow, Morel y Féré, estudia las relaciones entre el crimen y las condiciones patológicas de la mente o la degeneración psico-fisiológica. La escuela positivista o escuela sociológica atribuye la delincuencia a causas sociales; dicha ala está representada

por Ferri, Garofalo, Schaeffe, la Grasserie, o a la intercacción de factores psicológicos y sociales pero destacando el aspecto social de la cuestión, a esa fracción pertenecen Tarde y Prims.

Todas esas esas escuelas han tenido en cuenta un solo aspecto, ya sea el antropológico, el patológico o el social, o selecionado sólo algunos factores del complicado problema de la delincuencia; no han advertido que es esa una cuestión en la que se entremezclan los factores antropológicos, psicológicos. patológicos y sociales; por lo tanto han propuesto solamente soluciones parciales, simplistas.

Cuando la psicología se constituyó en ciencia independiente aparecieron los primeros estudios sobre la psicología del crimen, que abarcan el problema en todos sus múltiples aspectos, como los de Gross y Von Bechterew, sin embargo alguno de esos estudios como los de Corre y Haveloc Ellis, son meramente estudios antropológico-sociales.

El tópico de la delincuencia infantil no comenzó a considerarse hasta los últimos años del siglo pasado, como un problema distinto del de la delincuencia en general. Los primeros estudios psicológicos sobre la cuestión, como los de Day, Ferriani, Albanell y Legros, Raux y Gruhle, son más bien investigaciones sociológicas; el crimen es considerado como el producto de ciertos factores sociales y el problema psicológico tratado desde un punto de vista ético. El estudio de Beckinridge y Abbot sobre el niño delincuente y la familia, aparecido en 1911, marca la etapa de la primera investigación sociológica basada en los métodos modernos.

A principios del siglo XX aparecieron las primeras investigaciones en las que se aplicaban los métodos de la psicología experimental al estudio de la psicología de los menores delincuentes, entre los que citaré los de Vidoni, Burleight, Harold, Bronner, Fernald, Raubenheimer, Vermeylen, Rowland, y Mac Cord. Todas esas in-

vestigaciones se limitan al estudio experimental de la inteligencia; de esa manera, pueden sólo llegar a conclusiones parciales y se hallan incapacitados para diagnosticar las causas de la delincuencia en cada caso dado.

Hollander en su obra «La psicología de los menores delincuentes», trata el problema y la aplicación de los métodos psicológicos, solamente desde el punto de vista especial de la psicología patológica.

Las primeras tentativas de aplicar completamente los métodos de la moderna psicología experimental y genética a las investigaciones sobre menores delincuentes, son— hasta donde han podido llegar mis informaciones, — la de Healy sobre 1.000 recidivistas, entre 15 y 16 años en su mayor parte, la de Healy y Bronner sobre 2.000 menores del Instituto Psicopático de Chicago, y 2.000 de los Tribunales de Menores de Boston, la de Smith quien instauró un intenso estudio en los casos de las prisiones de Birmingham que abraza varios años, y la de Burt sobre 200 menores delincuentes ingleses. La investigación de Burt, aunque abarca muchos menos casos que las anteriores, proyecta nuevas luces en el problema, pues incluye una investigación paralela sobre un grupo igual de individuos no delincuentes, que Burt llama grupo de contralor, seleccionado entre menores que habían sido puestos por sus antecedentes familiares, por su educación, en condiciones de medio ambiente idénticas a las del grupo delincuente. Esta doble investigación le permitió establecer un estudio comparativo de los dos grupos.

Al aplicar los métodos genético-experimentales de la psicología a las investigaciones sobre menores delincuentes, el primer paso es la confección, para cada caso, de un bosquejo biográfico o monografía psicológica en la cual se registren los datos siguientes:

I. Historia familiar del sujeto — Características físicas y psicológicas, condición social, profesión, carácter, etc., de los padres y colaterales y antepasados.

II. Historia psicológica del individuo. — Se anotarán

datos sobre el desarrollo físico y psicológico del individuo como edad en que empezó a caminar, a hablar. Enfermedades, etc.

III. Datos sobre el actual medio ambiente del sujeto,— o sea una investigación psicológico social sobre las condiciones de la vida familiar del sujeto, sobre la educación familiar, carácter y condiciones de los compañeros y amigos del sujeto, sus diversiones preferidas, etc.

IV. Examen médico del sujeto.

V. Examen psicológico en lo que se refiere a datos experimentales y observacionales respecto a la inteligencia, aptitudes y habilidades, temperamento, carácter, instintos, especialmente con relación al instinto de combate o sea las manifestaciones de cólera, violencias de carácter, sadismo; al instinto adquisitivo, o sea las tendencias a la posesión, al dinero, al lujo; y al instinto sexual en sus manifestaciones de vicios sexuales infantiles, onanismo, perversiones sexuales, precocidad de los impulsos sexuales, actitud hacia las personas del sexo opuesto, etc.

VI. Estudio de subconsciente e inconsciente del sujeto mediante el examen psico-analítico, al objeto de descubrir los complejos, psico-neurosis, anormalidades mentales, etc.

VII. Datos sobre las condiciones en que la infracción, crimen o delito tuvo lugar.

VIII. Diagnóstico del caso respecto a los factores psicológico-sociales que han causado el delito o contribuído a él. Sugestiones respecto al tratamiento de reeducación, establecimiento en que deba colocarse el sujeto. Sugestiones vocacionales de acuerdo a las habilidades, carácter y condiciones del sujeto, etc.

Cronológicamente, el primer paso a efectuarse en el estudio psicológico de todo caso de delincuencia, es el examen médico, al objeto de descubrir las condiciones físicas o patológicas que pudieran haber llenado el rol de factores causales del delito, después, al psiquiatra toca decidir si en la mentalidad del sujeto existe alguna

anormalidad o condición patológica, y después es del rol del psicólogo tomar las medidas antropométricas del individuo, y completar el estudio genético-experimental sobre las características intelectuales y temperamentales, de investigar los antecedentes familiares, las condiciones e influencia del ambiente, los factores sociales, como también las condiciones en las cuales la infracción tuvo lugar.

Dicha aplicación combinada de los métodos de la psicología genética y experimental y de investigación sociológica, del psico análisis y del examen médico del sujeto, es el único medio de obtener datos completos sobre los factores psicológicos o sociales causales del delito, o que han contribuído a él, de poder adelantar un diagnóstico prudente, correcto, preciso, y de sugerir los métodos de tratamiento adecuados a cada caso, pues mediante los datos recogidos en dichas fichas o monografías se puede diagnosticar la mentalidad del sujeto, su retardación mental, su temperamento y carácter, clasificar los casos de deficiencia mental, de amoralidad o degeneración moral, y de descubrir las influencias del ambiente sobre el desarrollo de la personalidad del menor y sus reacciones internas o externas sobre éste.

Al objeto de establecer un mapa lo más completo posible de la psicología del sujeto, es preferible, más bien dicho necesario, evitar las clasificaciones éticas — como lo decía en mi conferencia anterior respecto a las fichas psicológicas escolares y para la orientación profesional — y no debe apartarse nunca de la más precisa, exacta, y descriptiva relación de los hechos observados y de los resultados experimentales.

Las fichas de Healy o Burt, las mejores y más completas que hayan sido usadas en investigaciones sobre la psicología de los menores delincuentes, son aún, a mi modo de ver, desde cierto punto de vista, demasiado clasificativas.

El psicólogo debe limitarse a registrar los hechos obser-

vados y las narraciones apoyadas en datos dignos de confianza, de los padres, parientes, maestros, etc., absteniéndose de referir las opiniones, comentarios de éstos respecto a la conducta del sujeto y a sus características psicológicas o morales. Esta regla debe aplicarse también a la recolección de datos respecto a la historia psicológica del sujeto y los antecedentes familiares. Si se llenan las fichas con las opiniones, veredictos y clasificaciones del psicólogo observador o experimentador, o de las personas de su alrededor, la psicología del sujeto queda en tinieblas: Por ejemplo, si cada acción, cada condición o característica, como el hábito de mentir, la tendencia a la cólera, la educación familiar, la actitud del niño hacia sus padres, se subdividen en varios grados como excesivo, moderado, normal, buena, mala, etc., no se puede saber exactamente lo que quiere decirse con ello; se conoce solamente las opiniones del observador. Además, es casi imposible fijar normas exactas y científicas para clasificar los grados de la actividad instintiva, el carácter y el temperamento, puntos centrales en toda investigación sobre la psicología de los delincuentes. Pueden usarse empero las clasificaciones basadas en los datos experimentales que son más seguras, más dignas de confianza, más susceptibles de ser uniformes en los diferentes psicólogos por ser independientes de sus opiniones personales.

La aplicación práctica de las fichas o monografías médico-fisiopsicológicas a la pedagogía o a la orientación profesional es relativamente mucho menos complicada que si se trata del diagnóstico y reeducación de menores delincuentes. En el primer caso las fichas dan el coeficiente intelectual del sujeto, registran el grado de sus aptitudes, las características psico fisiológicas de su temperamento y carácter, y con estos datos, sabiendo de antemano cual es el porcentaje necesario de retardación para calificarlo entre los anormales o los normales, y cuales son las diferentes aptitudes requeridas para las

diversas profesiones y en qué grado, las inferencias, casi puede decirse, se imponen por sí solas; pero en el caso del estudio psicológico de los menores delincuentes no se trata sólo de establecer la selección respecto a la mentalidad normal y anormal, de dar al sujeto una profesión de acuerdo a sus aptitudes y tendencias, hay además que establecer si hay en el sujeto impulsos irrefrenables hacia el delito, por tendencias congenitales o por taras físicas o mentales, o, por ineptitud a discernir entre el bien y el mal, lo que lo convierte en un reo nato como diría Lombroso, un degenerado moral; es necesario también demostrar, si las tendencias anti-sociales han sido sólo ocasionales en el sujeto o están arraigadas como viejos hábitos, es preciso también establecer — y esto es tal vez lo más difícil — cuales son los los factores psicológicos y sociales que han llevado al individuo a inflijir la ley o las costumbres, es decir, si los factores causales residen en la idiosincracia del individuo o en las influencias del ambiente sobre su psicología, si ha sido una víctima del ambiente, de la educación, de las circunstancias; y hay por último que sugerir, en base a todos los datos recogidos, los más adecuados métodos de tratamiento y reeducación para hacer desaparecer en el individuo las tendencias al delito y las causas precipitantes de éste. Para ello se requiere un psicólogo sutil y sagaz, prudente en sus inferencias y sugestiones; un psicólogo injertado en filósofo de peso y en un educador de altos vuelos.

Después del estudio analítico y del diagnóstico del caso, queda pues al psicólogo decidir los métodos de tratamiento, como asimismo el seguir llenando la ficha con los datos psicológicos sobre la conducta y las características del sujeto, al objeto de observar los efectos obtenidos por su terapéutica, lo que equivale a vigilar con

ojo médico el paciente hasta su completo restablecimiento.

Al tratar el problema de la delincuencia infantil, el psicólogo educacionista e investigador debe abordar la seria cuestión de los efectos y el valor psicológico y educativo de la pena.

En los siglos pasados, en el criterio legislativo de todas las naciones civilizadas, aún tratándose de menores delincuentes, las medidas penales eran únicamente represivas. En lo que concierne a los menores, desde fines del siglo pasado viene luchándose por establecer métodos exclusivamante reeducativos. En general, en Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Francia y Bélgica, a los niños menores de 16 años se les envía a los reformatorios o colonias educacionales; pero ello solamente si se trata de un caso serio de perversión moral, o de niños o niñas que viven en ambientes inadecuados para poder realizar su regeneración moral, que han sido desmoralizados por los padres, parientes o encargados de su educación, o han sido encontrados en compañía de ladrones, prostitutas. En todo otro caso se coloca a los niños bajo el régimen de libertad vigilada por funcionarios especializados — en Estados Unidos se les exige una preparación en estudios sociales y en lo llamado servicio social — que siguen de cerca la evolución y el comportamiento del niño, indican el establecimiento o escuela donde ha de recibir instrucción y preparación profesional, y sólo en el caso en que el niño reincida bajo la libertad vigilada, es separado del hogar y colocado en un reformatorio. Sólo como medida extrema se separa al niño de su ambiente natural: el medio familiar. Los métodos son, pues, reeducativos y preventivos, no meramente represivos.

Sin embargo, aún todas las leyes penales están más o menos impregnadas por las clásicas doctrinas que tratan más bien la naturaleza de la infracción que las peculiaridades psicológicas del infractor.

Las delincuencias en los menores son casi en su tota-

lidad reacciones determinadas por su organización psico-fisiológica, por impulsos naturales que en muchos casos son impotentes para controlorear, o por características hereditarias, o por su educación o ausencia de educación, o por las condiciones del ambiente del que les tocó en suerte formar parte: factores todos en los cuales no ha intervenido ni su voluntad, ni sus preferencias. Desde un punto de vista psicológico, las discusiones sobre la responsabilidad y sobre las penas en cuanto a castigos regulados por la magnitud de la culpa, son inútiles, ociosas; el problema reside en la selección de los métodos más aptos para obtener la prevención del crimen y la reforma del carácter del delincuente. Hasta desde el punto de vista social lo urgente es la prevención y reeducación; ahí reside la verdadera salvaguardia de la sociedad.

Al decidir colocar a un menor en un establecimiento o colonia educacional, la cuestión esencial es si ese nuevo ambiente es o no capaz de transformar cada uno de los individuos,—que representa un caso diferente, típico, único, — en un honesto ciudadano, un miembro útil, a la sociedad.

Examinemos un poco los métodos actualmente en vigor en esa clase de instituciones.

En estos últimos treinta años, la atmósfera de esas instituciones ha dejado de ser — en E.E. U.U. e Inglaterra, y el movimiento empieza a extenderse en Alemania, Francia y Bélgica — la de una prisión, para convertirse en la de escuelas - talleres - hogares; pero esto solamente para menores de menos de 16 años en Inglaterra y de menos de 18 en otros países.

La idea de asimilar en lo posible la vida en las colonias educacionales con la de los niños que dividen su vida entre el ambiente familiar y escolar, ha determinado la sustitución de grandes edificios educacionales, con grandes dormitorios, grandes patios, vastos refectorios, donde se alojaban a veces 400, 500 y hasta mil niños y adolescentes de todo carácter y condiciones, en la más

lamentable promiscuidad, sin la más leve sombra de selección, por el sistema de pabellones-hogares, cada uno de los cuales recibe de 15 a 30 niños que viven bajo la vigilancia de una persona de confianza, de altas cualidades morales, que debe en lo posible llenar allí el rol de madre. Los pabellones-hogares están circundados por los pabellones donde se encuentran la escuela, los talleres, la dirección, los pabellones de juegos gimnásticos, y están circundados por explanadas de juegos, jardines, huerta y granja en los establecimientos que se preparan alumnos para los trabajos de campo.

Este sistema permite no sólo la selección, sino el suavizar la disciplina exterior, como ser la supresión del silencio en las comidas; los dormitorios son sólo para tres o cuatro y donde los niños duermen solos, sin vigilantes, cada interno posee un pequeño armario para guardar sus efectos al que tiene libre acceso, etc. Tienen clubs de deportes y de recreo, gimnasio, natación, conciertos, declamación, etc.

En base al sistema de casas-hogares se puede realizar la individualización del tratamiento, imposible bajo el sistema de grandes establecimientos, en los cuales lo más pervertidos no dejarán de ejercer su influencia sobre los otros, los que era fácil salvar, y en vez de reforma se obtendrá como resultados la contaminación, la perversión de toda la población del instituto.

Si cada jefe o director de pabellón o grupo tiene a su cargo un reducido número de niños, 15 o 30, puede estar en condiciones de observar a cada uno como un caso distinto, de conocerlos, de comprenderlos, de tratar de penetrar en la psicología especial de cada uno; cada niño aparecerá a sus ojos como un individuo, con sus dife renciaciones, sus características propias, de la otra manera cada niño tendrá que aparecerle como un número más. También debe tratarse que el número de casas-hogares bajo la dirección de un director general, no sea muy grande, para poder conservar así los beneficios de la in-

dividualización. El número de internos en cada establecimiento bajo una dirección general, no debe nunca pasar de 200, menos, mejor.

Al beneficio de la individualización hay que agregar el de la selección, de la cual el primer paso a efectuarse es la selección en base a la edad. Usualmente, se les califica por edad cronológica, sin tener en cuenta el concepto de edad mental o coeficiente intelectual. Refiriéndose a la selección de menores delincuentes, el concepto tiene aún mayor importancia que los casos de su aplicación a la pedagogía o a la orientación profesional; pues aquí no sólo se trata de establecer la edad mental a los efectos del porcentaje de retardación y de la selección de normales y anormales, y del índice intelectual necesario para las profesiones, sino que aún cuando se tome el concepto desde un punto de vista ético, como un equivalente de la responsabilidad determinada por la edad, o desde el punto de vista psicológico, y se considere la inteligencia global como la energía mental que regula la actividad conativa y como la habilidad de prever y pesar las posibles consecuencias de la propia conducta; está claro que la edad mental y no la edad cronológica es la que responde a esa realidad psicológica, y moral del individuo. Además hay que, tener en cuenta que de acuerdo con todas las investigaciones experimentales sobre la inteligencia de menores delincuentes en cualquier país,—y sobre este tópico las investigaciones son las más numerosas—se ha hallado que aproximadamente el 50 º/º de los menores delincuentes tienen una edad mental inferior a la edad cronológica.

Hasta ahora, salvo en E.E. U.U.—que es donde los estudios psicológícos sobre delincuentes han tenido aplicaciones prácticas,—la selección por edades se hace en base a la edad cronológica y no a la edad mental.

En E.E. U.U. la clínica del Instituto Psicopático de Chicago, dirigida por el doctor Healy, y el Bureau of Juvenile Research de Ohio, que se ocupan de establecer el

estudio médico-psicológico de los niños delincuentes, vagabundos, abandonados, o simplemente difíciles de educar, enviados por los jueces, la policía, los maestros o los padres, parientes o tutores, deciden si el sujeto ha de quedar en libertad vigilada o ha de ir a un establecimiento de reeducación, efectúan la selección, sugieren el tratamiento en base al estudio psicológico, es decir, a su edad mental, aptitudes, vocación, características individuales, temperamento, etc. Mientras los niños están en estudio viven en pabellones de observación adjuntos a la clínica. Pero aún la influencia de las aplicaciones de la psicología a la reeducación, no ha penetrado en la atmósfera de los reformatorios y colonias educacionales, no ha influenciado los métodos de reeducación ni de psico-terapéutica dentro de los institutos en base a las teorías psicológicas,—punto éste, del que hablaré dentro de unos instantes—ni se prosigue la confección de la ficha psicológica del niño durante el período de tratamiento, al objeto de registrar la evolución psicológica y la influencia del tratamiento y de convencerse si las características o tendencias que habían sido consideradas como factores causales de la conducta anti-social del sujeto, han desaparecido o se han al menos debilitado.

En Inglaterra las fichas y monografías psicológicas sobre los menores delincuentes se han usado solamente a efectos teóricos, han servido a conocer mejor, de una manera general, la psicología de los menores delincuentes y a conocer las causas psicológico-sociales de la delincuencia infantil. La única influencia práctica ha sido un examen psicológico muy elemental; se aplica sólo la escal de inteligencia para determinar la edad mental y algunos tets vocacionales en la prisión de Wandwoorth, donde se tienen detenidos antes de la sentencia, a los varones delincuentes de 18 a 21 años.

La selección se efectúa, pues, en Inglaterra sólo en base a la edad cronológica y a la naturaleza de infracción cometida. Los niños de 7 a 14 años son enviados a las

llamadas escuelas industriales; entre 14 y 16 años se los envía a los reformatorios, desde los 16 a los 21 a las instituciones llamadas Borstal. El período de estadía se decide en vista del caso, no pudiendo nunca el menor quedar en un reformatorio o escuela industrial pasados los 18 años. Los menores de 16 a 21 años que han cometido cualquier infracción menos homicidio, son condenados por dos o tres años a ser recluídos en una institución Borstal, en las cuales rige un régimen penitenciario. En caso de homicidio son tratados al igual que los mayores de edad, pudiendo por lo tanto producirse el caso espantoso que un adolescente varón o mujer, pueda verse condenado a muerte, a trabajos forzados a perpetuidad, o acabe de pervertirse en una cárcel en promiscuidad con los adultos.

Como resultado de este estado de cosas, un muchacho o muchacha, sea cual fuera su edad mental, y las circunstancias del delito, por el sólo hecho de haber pasado los 16 años será condenado a dos o tres años de régimen Borstal, aunque las causas psicológicas y sociales que lo hubiera llevado hasta el crimen hubieren sido influencia del ambiente, sugestibilidad en grado sumo, malos tratos, etc.

Como decía, se trata de asimilar en lo posible el régimen de las escuelas industriales y de los reformatorios a la vida de familia. En el pabellón-escuela reciben los niños instrucción escolar y profesional. Aunque no existe una orientación profesional con bases científicas, se procura que el niño se prepare en la profesión o trabajo más en armonía con sus aptitudes, dentro de las que pueda ofrecerle el establecimiento. Los varones pueden recibir en los diversos establecimientos preparación para zapateros, carpinteros, sastres, herreros, albañiles, panaderos, aprender jardinería, agricultura, ganadería. En cuanto a las niñas, las profesiones se reducen a criadas, lavanderas, planchadoras, aprenden a coser y en algunas instituciones algo de agricultura y cuidado de animales.

Los menores que posean las aptitudes intelectuales necesarias pueden prepararse para ser empleados, dactilógrafos, estudiar para maestros o música, etc.

En cuanto a los institutos Borstal, el régimen es completamente distinto, no sólo la individualización es imposible, pues cada establecimiento cuenta con 400 o 500 reclusos y cada pabellón con 50 o 60; la atmósfera, la construcción de los edificios, la disciplina, son las de una prisión, los muchachos o muchachas son recluídos en celdas al terminar la jornada. La idea central del régimen reside en el postulado que mientras el cuerpo y la mente están ocupados en trabajo útil no se pueden elaborar malos pensamientos; en base a esta psicología simplista se trata, pues, de mecanizar la personalidad del individuo y se atribuyen virtudes de terapéutica moral al trabajo en general, indiferenciado, es decir, al trabajo considerado pura y simplemente como actividad de los músculos y de la inteligencia, y no al trabajo en cuanto a actividad seleccionada de acuerdo a las propias aptitudes y referencias. Como corolario a esa teoría, en las instituciones Borstal es el director quien decide si el muchacho ha de entrar en el departamento de jardinería, de herrería, de albañilería o de trabajo de campo; la jornada de trabajo es de ocho horas, y después que el muchacho o muchacha, ha gastado gran parte de sus energías en esos trabajos, a veces bastante penosos, tiene dos horas de clase, y otras dos de trabajos llamados de entretenimiento, como ser, hacer alfombras, canastos, etc., para los varones, trabajos en raffia y tejidos bordados para las mujeres, no restándoles más que una hora diaria de recreo; los juegos, deportes, banda de música, sólo se realizan los sábados por la tarde.

Es un régimen casi de trabajos forzados al que puede verse condenado durante tres o cuatro años, un sujeto entre 16 y 21 años, por sólo reincidencias en pequeños robos, en violencias, que en un adulto se penan sólo con varios meses de prisión, y esto en base a la idea que el trabajo regenera.

Las asociaciones Borstal les buscan trabajo a los muchachos y muchachas una vez cumplida la condena y se ocupan de ellos hasta su mayoría de edad.

En Francia, España y varios otros países, la mayoría penal, está fijada a los 18 años, los que han delinquido antes de esa edad son colocados en libertad vigilada, si el medio ambiente en que vive el sujeto es recomendable, o en caso contrario en instituciones, la mayor parte de las veces privadas o religiosas, donde se da al sujeto una profesión manual, e instrucción primaria. En Francia se emplea también el régimen desastroso de colocar a los pupilos del Estado en casas de familia, especialmente en el campo, en familias de agricultores. El Estado paga una subvención a la familia para la manutención del muchacho y para que se le enseñe a trabajar; en gran parte de los casos el muchacho es el sirviente, el esclavo, a quien se encomiendan los trabajos más penosos, y no se les da educación ni instrucción alguna. En Francia el Tribunal de Menores puede condenar al adolescente menor de 18 años a penas de presidio atenuadas, por culpas graves, si considera que el sujeto ha obrado con discernimiento. En Bélgica hay Colonias Agrícolas e industriales para varones.

La creencia tan común y en la que está basado el sistema Borstal—que el trabajo indiferenciado, no seleccionado, ya fuere manual o intelectual, y el manual preferentemente, tiene valor terapéutico en la reeducación de los menores delincuentes, es una falacia. La actividad del cuerpo y de la mente puede sólo convertirse en elemento de regeneración moral si ha sido elegido de acuerdo a las aptitudes y preferencias del sujeto.

La orientación profesional o guía vocacional de la población escolar en general, es beneficiosa, es la solución de un serio problema de economía social; tratándose de menores delincuentes es una necesidad urgente, equivale a establecer una salvaguardia a la comunidad, pues el verse obligado a ejecutar un trabajo antipático, superior

a las fuerzas físicas, puede convertirse en el egresado de una institución de reforma, en una predisposición al recidivismo. Además, la mayor parte de esos menores están privados de la vigilancia y los consejos de la familia, y obligados a ganarse la vida desde muy jóvenes. Por otra parte, una profesión u ocupación cualquiera en la cual las disposiciones naturales o adquiridas del individuo se hallan en actividad, se colorea ante el horizonte psicológico con perfiles efectivos; se llega a amar el trabajo, que entonces y sólo entonces, puede contribuir a la regeneración del carácter.

En lo que se refiere a los varones, se ha tratado tanto en Europa como en nuestro país, de darles alguna profesión u oficio. ¿Y a las mujeres? Este es uno de los puntos en que se palpan, más candentes, las injusticias sociales respecto al elemento femenino. Se les prepara solamente a los llamados menesteres domésticos, criadas, lavanderas, planchadoras. En la práctica el gran rol social de los reformatorios femeninos es engrosar la armada del servicio doméstico. Se las condena a un género de vida por el que algunas de ellas no sienten tal vez preferencia alguna, haciendo así de manera que en esas existencias desamparadas no penetre siquiera el modesto rayo de luz de la perspectiva de dedicarse a una ocupación conforme a sus aptitudes. ¿Por qué se ha de decidir «a priori» que todas esas muchachas sólo sirven para ser criadas?

Todas esas jóvenes deberán, a su salida del reformatorio, subvenir a sus propias necesidades y posiblemente a las de sus hijos; si a su reintegración a la vida colectiva, no tienen la posibilidad de ocuparse en un trabajo remunerativo conforme a sus gustos, esas muchachas, privadas la mayor parte de las veces de la protección familiar, sucumbirán fácilmente a las tentaciones de la pereza, el vicio y la prostitución; se las expone así a perder todos los beneficios educacionales que hubieran podido obtener en la colonia educacional.

Uno de los más destacados beneficios a esperar del análisis experimental de la inteligencia de los menores delincuentes, es el diagnóstico de los débiles mentales. El porcentaje de anormales y de retardados mentales, es mayor, de acuerdo a todas las investigaciones, entre los delincuentes que entre los no delincuentes. La deficiencia mental es muy frecuentemente factor causal de la delincuencia; los deficientes mentales son en cierto grado criminales latentes, pues la moralidad, socialmente concebida, depende de la habilidad de prever las posibles consecuencias de la propia conducta para sí y para los demás, de la capacidad de contralorear los propios instintos e impulsos, y de resistir a las sugestiones, y todos esos individuos muestran una tendencia a la sugestión como consecuencia de su debilidad mental; son instrumentos dóciles en manos de individuos astutos.

Las investigaciones sobre los factores causales en la delincuencia infantil, han demostrado el rol enorme que en ella desempeñan los factores temperamentales. Burt ha avanzado la concepción de la deficiencia temperamental y de instabilidad temperamental, o sea la condición mental del sujeto que posee todos o la mayor parte de los instintos naturales y de las emociones heredados en un grado intenso, y halló que en 34 o/o de sus casos la instabilidad temparamental podía considerarse como factor causal de la delincuencia y en 9 o/o la deficiencia temperamental.

La mayor parte de estos menores son inconstantes, incapaces de mantener fija la atención; merecen ser objeto de un tratamiento médico-psicológico. Varios de ellos son degenerados morales congenitales.

La importancia de las monografías psicológicas individuales es muy grande al respecto de la degeneración moral o amoralidad, o sea la condición de una persona que de nacimiento o desde la primera infancia muestra algún defecto mental permanente unido a impulsos criminales irrefrenables. El examen médico sólo es impo-

tente para descubrir, diagnosticar y despistar esta clase de casos. La contribución de los datos obtenidos por mediante la biografía psicológica del sujeto y las investigaciones en el medio ambiente del sujeto, son necesarias a ese efecto, tanto más cuanto en ausencia de esos datos el degenerado moral y el criminal habitual son fácilmente confundibles.

Las investigaciones en el Inconsciente y Subconsciente del sujeto son tanto o más interesantes que aquellas sobre sus procesos conscientes. Las neurosis, la histeria, toda clase de desórdenes mentales, pueden ser factores causales de la delincuencia. En muchos casos, como lo han experimentado Smith, Healy y Goddard, las tendencias criminales desaparecen en el sujeto por el simple hecho de introducir en el campo consciente un complejo reprimido. No es, pues, en muchos casos ni métodos represivos, ni reclusión lo que precisa el sujeto, sino simplemente un tratamiento psico-analítico por un especialista.

El tratamiento reeducativo de los menores delincuentes debe ser encarado con el criterio del médico, es decir, después de un diagnóstico minucioso y prudente y de la observación constante de la naturaleza del paciente, se escoge el tratamiento más adecuado a su constitución específica. Tratándose de menores delincuentes, los datos obtenidos por la monografía individual deben constituir la guía para dirigir los impulsos y disposiciones del sujeto hacia fines más útiles, más ventajosos, para ellos mismos y para la sociedad; el niño tal como es, con sus caracteristicas individuales, con sus vicios mismos, es la materia prima con la cual, bajo los ojos del educador y en un ambiente adecuado, podrá ponerse en condiciones de construirse a sí mismo una nueva personalidad. Las individualidades artificiales creadas por la autoridad, por sugestión, por temor a los castigos o por mecanización de la voluntad, pueden tomarse como una cura positiva durante un tiempo; pero su influencia sobre la personalidad *real* del individuo será siempre precaria, porque no

está arraigada en las características naturales, en las capas profundas de la individualidad del sujeto, y con mucha frecuencia después de una regeneración aparente vuelve el individuo a recobrar su personalidad antigua. Hay que tratar de obtener la regeneración profunda, completa. Sobre esas bases, desde ese punto de vista, el tratamiento más adecuado para los niños o niñas demasiado sugestibles o que han sido desmoralizados por los mayores o adultos, es tratar de robustecerles la voluntad proporcionándoles trabajo, ocupaciones determinadas en cada caso particular por las aptitudes del sujeto, y hasta juegos que apelen a la iniciativa, a la consideración de alternativas, y a pesar de las consecuencias de las propias acciones.

Las fuerzas psíquicas del niño o adolescente a quien un gusto excesivo por las diversiones lo ha llevado hasta el hurto, a la vagancia o a escapar del hogar, deben ser encauzadas hacia estudios, ocupaciones y juegos capaces de interesarlo.

Los juegos activos, violentos, son muy aconsejables para los niños con tendencias a la cólera.

Los niños o niñas dominados por el instinto de adquisición, deben ser encaminados hacia un trabajo u oficio en el cual puedan obtener buenos sueldos y donde la posibilidad de mejora en el salario constituya para ellos un incentivo constante.

Las precocidades en el instinto sexual no pueden curarse solamente con admoniciones y con evitar a los adolescentes las ocasiones y tentaciones de satisfacer sus tendencias: hay que dirigir esa energía física hacia otros fines, crearles otros intereses, procurándoles trabajo y diversiones agradables, para ellos, y aptas a adormecer el instinto.

Los niños de carácter pasivo y perezoso deben ser dulcemente, paulatinamente, atraídos hacia las ocupaciones más agradables para ellos.

Muy a menudo en el niño que huye del hogar no se

podría diagnosticar instinto de vagancia, a la vida nómada, tendencias aventureras; ello es sólo la reacción natural de un menor que no ha hallado en el ambiente familiar, afecto, comprensión, que ha sufrido tal vez malos tratos. El remedio es tan claro en casos de esta clase...

Los temperamentos nerviosos, fuertes, agresivos, requieren muy distinto tratamiento de los flemáticos, pasivos, sin imaginación. Con respecto al tratamiento es muy importante la distinción entre aquellos menores en quienes la delincuencia es un efecto de su temperamento agresivo, dominante, indisciplinado, ya fuera congenital o personal, y aquellos en quienes esas mismas características son solamente reacciones contra un ambiente hostil que les ha agriado el carácter. Los primeros necesitan deportes, ocupaciones, donde puedan desplegar el «trop plein» de energía, los segundos un ambiente que no excite en ellos las reacciones agresivas.

Como la psicología es una ciencia a posteriori y experimental, no puede sugerir a priori métodos de tratamiento. Sólo la consideración de los datos obtenidos en cada monografía individual puede sugerir cual es la mejor línea de tratamiento reeducativo.

Las tentativas de estudio de la psicología de los menores delincuentes en base a los métodos de la psicología moderna, han sido de un valor inapreciable para la mejor comprensión de tan complejo problema. Más el corolario obligado, o sea el tratamiento psicológico de los menores delincuentes, casi no ha sido aplicado. Si la psicología ha dado resultados fecundos respecto al diagnóstico, ¿sería acaso aventurado esperar idénticos resultados respecto al tratamiento?

La aplicación de los métodos psicológicos al diagnóstico y tratamiento reeducativo de los menores delincuentes, probará con sus resultados, si la psicología está capacitada para disminuir el porcentaje de recidivismo y mejorar las condiciones actuales respecto a la regeneración

de los menores delincuentes. Yo por mi parte me he limitado a ofreceros mis ideas personales sobre las aplicaciones de la psicología a la diagnosis y reeducación de menores delincuentes.

Con esto doy por terminado este ciclo de conferencias en el que, debido a las limitaciones del tiempo concedido a su desarrollo, sólo he podido ofreceros unos comentarios superficiales sobre el estado actual de la ciencia psicológica y varias de sus más interesantes aplicaciones, no con el fin de procurarme adeptos, pues no poseo alma de predicador ni de doctrinario, sino abrigando la esperanza de encender en alguno de los que han querido oirme el deseo de emprender un estudio personal sobre ciencia tan interesante en mi opinión.

Utilización de la energía hidráulica de los ríos

Conferencia dada por el ingeniero Víctor B. Sudriers el día 9 de Julio de 1926 en los salones de la Asociación Politécnica

Señores colegas:

Un problema de palpitante actualidad, «la utilización de la energía hidráulica del Río Negro», esencialmente técnico, al cual estoy ligado por iniciativa y que he debido estudiar un poco más a fondo como miembro de una Comisión asesora designada por el Superior Gobierno para revisar el ante-proyecto presentado por el ingeniero Paul Kalbermatten; me ha impulsado a exponeros en forma de una sencilla conferencia, la técnica interensantísima que dicho problema encierra, técnica que por sus aplicaciones a problemas similares, no dudo que os interesará igualmente.

Lo que os expondré no es nuevo, es fundado en las clásicas exposiciones que de los problemas de captación de fuerzas hidráulicas hace el notable tratadista A. Ludin en su monumental obra «Die Wasserkräfte».

Expondré en primer término la teoría general o el tratamiento matemático de estos problemas y terminaré con una crítica al ante-proyecto presentado al S. G. por el ingeniero Paul Kalbermatten a quien se piensa confiar la preparación del proyecto definitivo.

Espero, pues, que hallareis algo nuevo o interesante en mi disertación, sinó en la primera parte, por lo menos

en la segunda y esto me bastará para satisfacción, en el sentido de no haberos hecho perder tiempo inútilmente.

La derivación de energía de la potencia que encierran nuestros ríos, constituye, como todo problema de ingeniería moderna, uno de economía, problema que en principio puede tener dos aspectos: la rentabilidad máxima para el Empresario privado y el máximo beneficio público o mínimo costo de la unidad de energía producida, para el Estado. No me extenderé en comparar estos aspectos económicos de la utilización; consideraré tan sólo el interés público que en general es el predominante en estas utilizaciones, es decir, la obtención del máximo de energía utilizable al mínimo costo de la unidad.

La resolución del problema comprende en general dos etapas: 1.o la investigación relativa de los tres factores, potencialidad de producción del agente, costo de las obras de regularización o captación y la capacidad y modalidades de absorción de energía del medio consumidor; y la 2.a el desarrollo detallado de los dispositivos que conducen a la realización del programa más conveniente revelado por la primera etapa. Nosotros designamos a la primera etapa de esta investigación, por el ante-proyecto o estudio preliminar; es esta en realidad la más interesante al ingeniero proyectista, al estudioso, al investigador, ella constituye el estudio funcional o la modalidad de variar de los tres factores que hemos enumerado: la potencia, el costo, el consumo; y es la etapa de la utilización del Río Negro que nos ocupa actualmente.

Los tres factores o elementos básicos mencionados determinados en una forma funcional y hábilmente puestos en forma aparente por medio de gráficos, nos permitirán conocer sus valores relativos y con ellos las soluciones que nos interesan.

Ludin recurre amenudo, en el tratamiento de estos problemas, a la representación de estas complejas funciones por curvas de nivel o lugares de puntos equivalentes, que son muy familiares a los ingenieros, quienes

fácilmente interpretan por su lectura la forma de la superficie que ellas representan, deducen sus regiones máximas o mínimas, etc.

La investigación de la potencia disponible comprende la de los dos factores que la producen: cantidad de agua y altura de caída y además su disponibilidad contínua o accidental a fin de contemplar su mayor o menor utilización.

El proceso seguido para esta investigación o sea la determinación de las funciones que ligan a los elementos característicos de la obra de captación, altura de la represa y capacidad de embalse con las potencias disponibles y su permanencia o temporaneidad, es el siguiente: con los desagües semanales o mensuales del Río medidos o estimados en varios años sucesivos; un mínimo de 15 años para cubrir ampliamente un ciclo climático, corregidos dichos caudales de las pérdidas por evaporación u otras derivaciones de agua que no deban pasar por el lugar de la represa, se construye una curva de los caudales acumulados, tomando como abscisas los tiempos, meses y años sucesivos, y como ordenadas las sumas acumuladas de los caudales de agua que hayan pasado a partir de un tiempo de origen cualquiera.

Dicha curva llamada de masas de agua o acumulativa de caudales, se construye en general sobre un sistema de ejes oblícuos a fin de evitar los cortes inevitables por la limitación en altura que ofrecería una hoja de papel de dibujo a una curva cuyas ordenadas van aumentando contínuamente; la tangente del ángulo de oblicuidad de los ejes estará dada por la relación entre el volúmen total de agua dividida por el número de años considerados, o sea el desagüue medio anual del río.

En esta curva de desagües acumulados, toda recta o vector representa un grado lineal de desagües o sea un desagüe constante por unidad de tiempo; la intensidad del desagüe está dada por la relación entre la diferencia de ordenadas de dos puntos cualesquiera y la diferencia

de los tiempos respectivos. Todo vector p. ej. *A B* que une dos puntos de la curva de desagüe, representa una derivación de agua de intensidad constante y que acu-

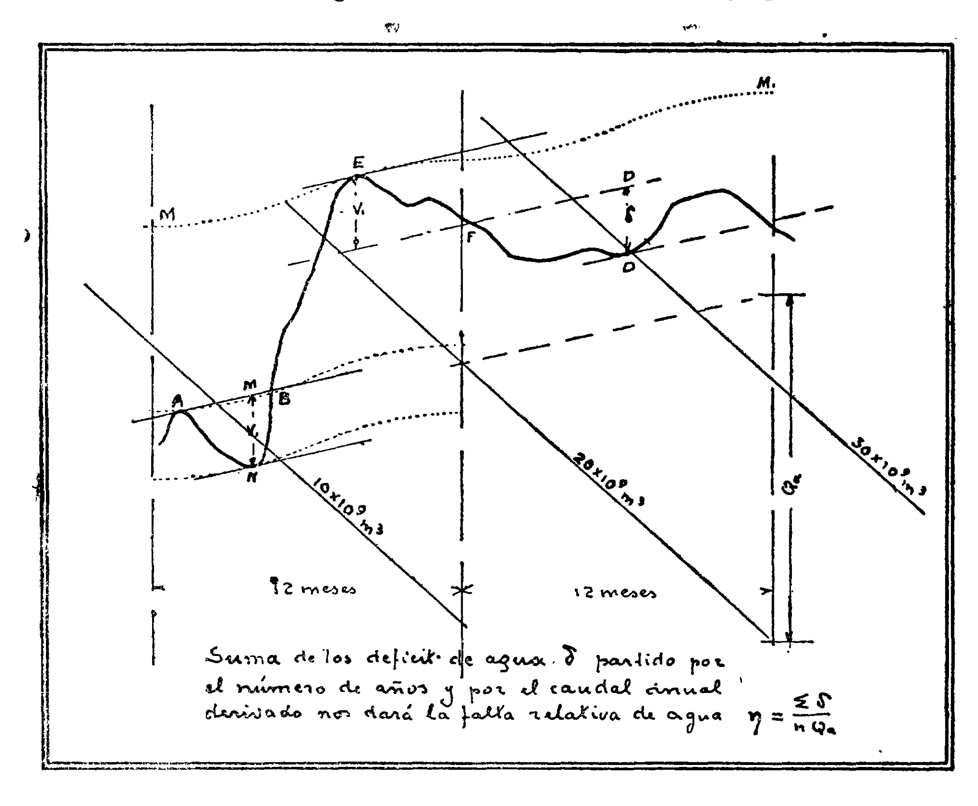


Fig. 1

mulada equivale al desagüe variable de la curva de desagües en dicho intervalo; es decir que si hubiéramos previsto un embalse de la capacidad representada por la divergencia máxima M. N. podríamos haber sustituído el irregular desagüe del río entre A y B con el regular y contínuo de la recta *A. B.* Si continuáramos con la misma intensidad de derivación, es decir, si prolongáramos la recta *A. B.* nos hallaríamos que los desagües acumulados del río son superiores a los derivados; los excedentes

estarán representados en todo tiempo por la diferencia de las dos líneas, pero como el embalse M N continuaría lleno, dichos excedentes deberían desbordar o sea pasar por los vertederos como aguas en exceso. Al llegar a E los desagües son de menor intensidad que los de la recta A. B. Las faltas de caudal empezarían a producirse y su valor sería la diferencia de ordenadas; para determinarlo trazaremos por E. una paralela a la recta A. B. Dichas faltas de caudal necesario para mantener la derivación constante representada por la línea recta *A. B.* se irán tomando del embalse cuyo volúmen M N se ha mantenido lleno durante el período *B. E.* por haber excedente de agua; tendremos pues el embalse lleno en E.

Vemos de inmediato que la derivación constante representada por A B podrá tener lugar hasta el punto F, que define el momento en que el embalse se ha vaciado y para mantener constante la derivación A B que nos hemos impuesto, sería necesario preveer un caudal de agua representado por la distancia D D. Desde D. en adelante volverán a repetirse las mismas faces ya analizadas, es decir, volverá a llenarse el embalse, a desbordar los excedentes, etc. Explicado así gráficamente el mecanismo de embalse, combinado con una derivación constante, fácil nos será analizar una curva de desagües cualquiera: bastará tomar distintos valores de embalse M N para una derivación constante Q (inclinación A. B.) y para cada valor de M N obtener la suma total de los déficits o faltas de agua habida, sumas que tomadas en relación al volúmen total uniformemente derivado, que sería la intensidad de la derivación multiplicada por el número de años analizados, nos daría el porcentaje de falta de agua para obtener una derivación constante por el período de tiempo analizado; procediendo del mismo modo con otras intensidades de derivación representadas por rectas A. B. de mayor o menor inclinación tendremos una serie de valores de falta de agua η correspondientes a distintos volúmenes V_1, V_2, V_3; con los cuales

obtendremos curvas $\eta = f$ (Q) para cada volumen, para lo cual en un sistema de ejes coordenados pondremos por abscisa los valores de Q y por ordenadas los de η correspondiente a cada volumen y tendremos una serie de curvas, una para cada volumen. — La prolongación de estas curvas hasta interceptar el eje de las abscisas o sea para el valor de $\eta = o$ nos dará los caudales Q que podremos derivar permanentemente para cada volumen. — Para facilitar esta investigación haremos un nuevo cambio de variables, tomando como eje de abscisas los valores de Q y de ordenadas los volúmenes V y tendremos la serie de curvas correspondiente a valores constantes de η trazando en el primer sistema de coordenadas una serie de paralelas al eje de los Q a distancias $\eta =$ constante, la intersección de estas paralelas con las curvas V nos dará los valores de V y Q coordenadas de un punto de la curva $\eta =$ constante en el nuevo sistema de ejes.

El procedimiento indicado podrá practicarse rápidamente trazando en un trozo de papel transparente dos rectas inclinadas con respecto a los ejes de la curva de desagües el ángulo correspondiente a la derivación Q que se investiga y separados entre sí la distancia representativa del volúmen V de embalse a la misma escala de la curva de desagües, no tendremos más que trasladar dicho conjunto de paralelas manteniendo su inclinación relativa a los ejes de la curva de desagües constantes de manera que dichas paralelas sean tangentes, la superior a las cumbres de la curva de desagües y la inferior a los valles; empezaremos a la izquierda de la curva por la primer cumbre o valle y observaremos que parte de la curva a la derecha sale de la zona limitada por las dos paralelas; si es una cumbre medimos el saliente que representará un exceso de aguas; si es un valle dicho saliente representará una falta o déficit de agua. — Una vez medido dicho saliente corremos las paralelas hasta hacerlas de nuevo tangentes la superior en el caso de

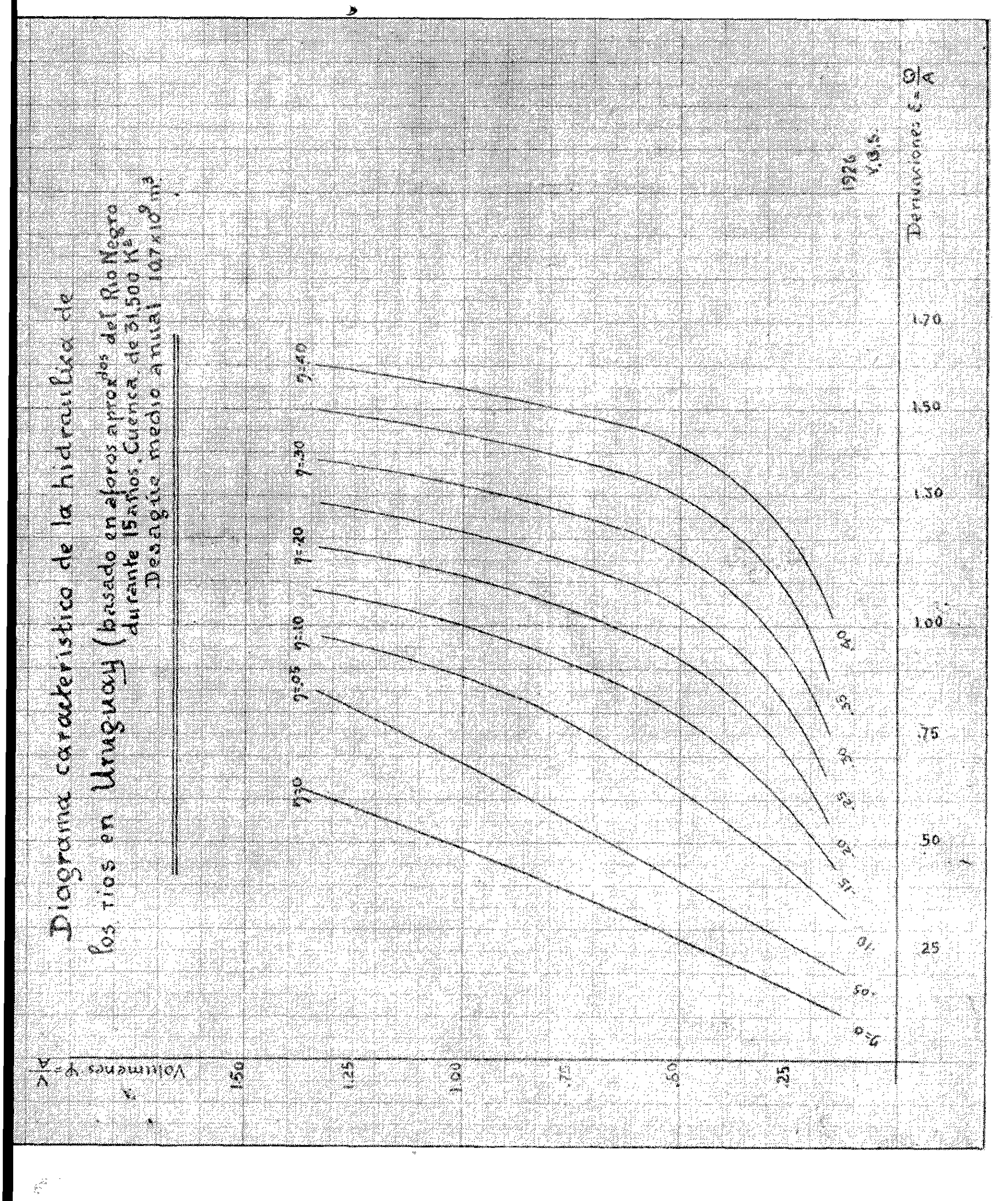

Diagrama característico de la hidraulica de
los rios en Uruguay (basado en aforos aprox.dos del Rio Negro
durante 15 años. Cuenca de 31.500 K2
Desagüe medio anual 10,7 x 10^9 m3
1926
Derivaciones ε = Q/A
Volumenes φ = V/A
η=0
η:05
η:10
η:20
η:30
η:40
1.70
1.50
1.30
1.00
.75
.50
.25
1.50
1.25
1.00
.75
.50
.25

Fig. 2

ser una cumbre la inferior, en el de ser un valle volveremos a medir el saliente siguiente y así sucesivamente hasta recorrer toda la curva.

Conviene indicar que es también interesante para la investigación de estos defectos de agua no sólo la mediana anual sino la máxima absoluta registrada en una operación cualquiera de las indicadas pues ella limitará la zona de absoluta utilización permanente, útil de conocer en los casos de instalación de usinas complementarias, así como el volúmen de la reserva de hierro, es decir la de la utilización excepcional.

La fig. 2 es un ejemplo de curvas y características de la hidráulica de Río Negro en la Isla de González, en el cual se ha tomado como abscisas y ordenadas no los valores absolutos de V y de Q sino sus valores relativos al volumen medio anual A estimado para el caso de 10.7×10^9 m³.

El diagrama así construído permite ser utilizado para cualquier otro río de la misma región o el mismo río aguas abajo, admitiendo como constantes las condiciones orográficas y climatéricas dentro de una extensa región. Los valores absolutos de V y de Q para otra aplicación del referido diagrama se obtendrán multiplicando el caudal medio anual de 10.7×10^9 m³ que ha servido de base por la relación inversa entre la superficie de las cuencas consideradas, la correspondiente a dicho caudal del Río Negro es de 31.500 K.², o en otros términos el valor de A para 1 K² de cuenca es de

$$\frac{10.7 \times 10^9 \text{ m}^3}{31.500 \text{ K}^2} = 340.000 \text{ m}^3.$$

Si se tratara de una obra de regularización de caudales simplemente el diágrama descrito nos daría todos los elementos necesarios para continuar nuestro estudio; pero tratándose de fuerza motriz además de la regularización de caudal, el factor altura de caída debe entrar en con-

sideración. — Cuando la altura de la represa es pequeña con relación a la de utilización total, por ejemplo, cuando existe aguas abajo un salto importante que nos ha de dar la altura productora de la potencia, las oscilaciones del nivel del agua en el embalse, según las épocas de vaciado o llenado, no tiene gran influencia, pero cuando la altura del agua en la represa es la sola creadora de la potencia motriz, se comprenderá que esta pueda descender a valores muy pequeños y hasta ser nula en los períodos en que se encuentra vacío el embalse, aunque el caudal de agua derivado continue siendo constante. Es necesario suponer los volúmenes V_1 V_2 V_3 que hemos tomado como base para el estudio del Río como situados a una cierta altura mínima sobre el pie de la represa, o en otros términos establecer de antemano un límite de fluctuación de alturas de los niveles de agua a fin de no encontrarnos con variaciones excesivas en los caudales, para tener una potencia constante como nos interesa. Los caudales de agua derivados variarán en el caso de potencias constantes en razón inversa que las alturas y si representamos por q_1 y q_2 las derivaciones usinadas para las alturas h_1 h_2, ($h_2 > h_1$) tendremos que la variación en las derivaciones con relación a la mayor será

$$\frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{h_2 - h_1}{h_2} = \alpha \qquad (1)$$

1

Ahora bien, los volúmenes de los embalses en genera son proporcionales a h^3 es decir pueden representarse por $V = m\, h^3$ y el de una capa de espesor $h_2 - h_1$ vendrá dado por $V_1 = m\,(h_2{}^3 - h_1{}^3)$ (2); de (1) tenemos $h_2 - h_1 = \alpha\, h_2$ y $h_1 = h_2 - \alpha\, h_2 = h_2\,(-\alpha)$.
de consiguiente podemos escribir (2) en función de h_2 así:

$$V_1 = m\,(h_2{}^3 - h_2{}^3\,(I - \alpha)^3) = m\, h_2{}^3\,(I - (I\,\alpha)^3) \text{ dc donde}$$

$$h_2 = \sqrt[3]{\frac{V_1}{m\,(I - (I - \alpha)^3)}} \qquad (3)$$

con esta fórmula en la cual a es la relación de la variación de los caudales usinados como expresado en (1), tendremos las alturas de la represa necesarias para que la oscilación en los niveles limiten el volumen V_1 deseado; en el trazado de curvas de déficits a que nos hemos referido anteriormente anotaremos frente a cada volumen (ordenadas) la altura h_2 deducida de la fórmula (3) y dividiremos en manera contínua dicho eje de las h de acuerdo con los distintos valores así obtenidos para cada volúmen; estas nuevas alturas de represa serán las que responderán a la regularización del caudal con utilización de fuerza motriz. — La masa de agua que permanerá muerta o inactiva debajo del plano límite mínimo de oxcilación en un embalse se le llama reserva de hierro y se prevé su utilización en circunstancias excepcionalísimas.

Lo potencia que pueda obtenerse de una altura de caída en K. W., puede expresarse muy aproximadamente por $E = 10.\ Q.\ h$ siendo Q el caudal usinado en m^3 por segundo y h altura de caída en metros; esta altura puede en general expresarse como proporcional a la altura de la represa y tendremos que las potencias a instalarse en cada caso comprendido en el diágrama de regularización que venimos preparando, vendrá dada por diez veces el producto de la abcisa por la ordenada y por el coeficiente de proporcionalidad de la altura, que en la mayoría de los casos puede fijarse en 9/10, es decir que la potencia instalada puede en términos generales fijarse en 9. Q. h.

Así establecido podremos trazar las curvas dc igual potencia que en el caso de haber construído el diágrama sobre escalas normales para Q y para h, estas curvas serán hiperbólicas y con ellas tendremos completo el cuadro de las variables de la función energía que puede suministrarnos el Río en el lugar elegido para represa.

Pasemos al estudio de la segunda función fundamental: la función de costo.

Podemos agrupar a los efectos del costo las obras de derivación y utilización de la potencia hidráulica en tres capítulos. La represa y obras de embalse; la usina, máquinas, motores y generadoras de corriente eléctrica y las obras de transmisión o conducción y distribución de la energía al centro consumidor.

Las obras del embalse comprenden dos sumandos importantes: las de albañalería de la represa y el valor de las tierras inundadas. El primer sumando está compuesto de una parte constante y otra variable función compleja de la altura pero que se acerca en general mucho a la forma $s.h^3$, el segundo sumando es directamente proporcional al área que a su vez se acerca mucho a la forma $r.h^2$. En general puede expresarse el costo de las obras de embalse por una función de la altura de la forma $A + B.h^n$.

La usina, sub-estaciones, maquinaria motora y generadores, dependen en general de la potencia instalada E y pueden considerarse como la suma de una serie de ecuaciones lineales en E y de consiguiente resumirse en la forma $C + D.E.$

Las obras de transmisión o conducción y distribución de la energía dependen como variables independientes de la potencia E y de la distancia L entre la usina y el centro consumidor, podrán pues representarse por una fórmula de la forma $F + G \times E + H \times L$ la cual para el estudio económico de una solución de ubicación impuesta, el término $H \times L$ es constante para todas las soluciones y quedará la fórmula anterior reducida a $M + G.E.$

Como lo que nos interesa conocer es el costo anual de la unidad de potencia o el Kilowat año convendría reducir los costos en capital mencionados a sus valores anuales, para lo cual cada uno de ellos será multiplicado por un coeficiente que comprenderá la cuota de interés, la de mantenimimiento y renovación y la de amortización; y obtendremos así las ecuaciones de costo anual, que sumadas a los gastos anuales de ejercicio o funcio-

namiento, que para las usinas hidro-eléctricas se consideran de forma lineal y proporcional a la potencia instalada E tendremos como función total de costo anual la suma de todos los mencionados, que resumimos en la siguiente tabla:

Ecuaciones de costo

CAPÍTULOS	Costos de instalación	Coeficiente anual $i + a + m$	Costos anuales
Represa, Tierras, etc. . . . . . . Cañerías de conducción de aguas. .	$A + B h^n$	i1	$a + b h^n$
Usinas, Sub-estaciones, Maquinaria, Generadores, etc.	$C + D \times E$	i2	$c + d E$
Líneas de transmisión de energía . .	$M + G \times E$	i3	$m + g E$
Costo total instalaciones	$A + C + M + B. h^n + (D + G) E$		
Gastos anuales de ejercicio, vigilancia, alquileres, funcionamiento, administración, etc.			$e + f E$

Ecuación de gastos anuales $\underline{K = \alpha + b h^n + p E}$

$i =$ intereses o/o anual
$a =$ amortización »
$m =$ mantenimiento »
$\alpha = a + c + m + e$
$p = d + g + f.$

Con los gastos anuales expresados por la ecuación $\alpha + b h^n + pE$ y las potencias derivables establecidas funcionalmente en el diágrama de la hidráulica del río, tendremos todos los elementos necesarios para determinar el costo de la unidad de potencia sea esta permanente o temporaria según sea su grado de utilización η.

El resultado de la división de estas dos funciones nos dará el valor de la unidad de potencia en las distintas regiones del diágrama y vendrán representados por una serie de curvas de igual valor y con ellas la región de los costos mínimos que nos interesa.

Para una determinación de máxima es decir de gruesa aproximación, podremos seguir el siguiente método algebraico.

Determinaremos con el auxilio de papel legarítmico las constantes de la función $E = u\ h^m$, representativa de la potencia E como función de la altura de la represa h, esta forma es siempre posible de realizar con mayor o menor aproximación, sustituyendo la curva trazada en el papel logarítmico por su tangente; dichas curvas trazadas tomando como ordenadas las alturas h y como abcisas las potencias E de la curva de las potencias permanentes o las potencias $(I - \eta)$ E para las demás curvas representativas de las potencias utilizadas temporariamente, η representa como antes hemos dicho la falta relativa de agua o de potencia; trazando pues tangentes a dichas curvas en el papel logarítmico en la región de alturas de represa analizada, se tendrán los valores de las constantes u y m y con ello establecida la ecuación mencionada; dividiendo la ecuación de costos anuales K por la de potencia E, tendremos el costo unitario de la potencia que vendrá expresado en esta forma

$$\frac{K}{E} = \frac{\alpha + b\ h^n + p\ E}{u\ h^m} = \frac{\alpha}{u\ h^m} + \frac{b}{u} h^{n-m} + p = k$$

Como nos interesa conocer la solución que nos da el mínimo costo de este valor k, lo obtendremos derivando algebraícamente dicha función con relación a la variable h e igualaremos a cero su resultado y tendremos

$$\frac{dk}{dh} = o = -m \frac{\alpha}{u} h^{-m-1} + (n - m) \frac{b}{u} h^{n-m-1}$$

de donde

$$m \frac{\alpha}{u} = (n - m) \frac{b}{u} h^n ; \quad h^n = \frac{m}{n - m} \frac{\alpha}{b}$$

$$\text{y por último } h = \sqrt[n]{\frac{m\,\alpha}{n - m\,b}}$$

Conocidos pues los exponentes de la variable h en la ecuación de costos y en la de potencias así como las constantes de la ecuación de costos α y b tendremos rápidamente la altura de la represa que corresponderá a la solución más económica, a la de mínimo costo de potencia instalada.

Obsérvese la influencia que tienen los distintos factores que entran en esta fórmula. Por lo pronto es necesario, para obtener un valor positivo y en este caso importa la sola solución real que m sea inferior a n, es decir, que el exponente de h en la función de potencia sea inferior a n en la de costos o en otros términos, que las potencias crezcan más lentamente que los costos, lo que es caso general.

La altura aumenta en razón directa de la raíz enésima de los gastos fijos que comprende no sólo los correspondientes a las obras de embalse sino a todas las demás que aparecen en la suma dada en la ecuación de costos, es decir: los gastos iniciales de estudio, los de financiación, los constantes de la obra de la represa, de la línea de trasmisión, de las cañerías y maquinarias, tienen de consiguiente mucha influencia en la determinación de la altura más conveniente de una represa, así como la distancia a que deba transportarse la energía, etc.

Terminaremos este capítulo haciendo presente, que un nuevo e importantísimo valor se crea con la regularización del caudal con las posibilidades de nuevas utilizaciones de aguas abajo, en cuyas obras desaparecerá la sobre elevación a dar a las represas a fin de proveer la altura necesaria para la regularización.

Pasemos ahora a considerar el tercer elemento básico de nuestro problema, la forma en que el consumidor absorberá la energía producida. La energía es en general absorbida o empleada en distintas actividades humanas,

de intensidad periódica, resultado de la suma de multitud de actividades de igual período, que en general es el día; a su vez dichos períodos son componentes de un ciclo mayor, el año, y la forma general de dicha función es creciente. La energía derivada debe, pues, responder en doble forma a la exigencia del consumo, para que pueda ser eficazmente o con rendimiento utilizada, primero a la continuidad o constancia de esos períodos diarios, segundo a la intensidad máxima que se producirá en cierta época del ciclo mayor, el año. Por lo pronto no es aplicable a las actividades corrientes la energía producida temporariamente, pues solamente completándola con otra fuente de energía que llene los déficits, puede ser utilizada; dicha fuente complementaria debe ser de igual potencia a fin de responder en cualquier instante a la principal. Este régimen es el conocido por explotación mixta, siendo en general una usina térmica la complementaria para la utilización temporaria de la hidráulica.

La forma general de la función 'del consumo de energía es muy variable según la índole del centro urbano o industrial abastecido, pero se caracteriza en general por el coeficiente de utilización de la potencia instalada, es decir, por la relación entre el número de unidades de energía absorbida al número de unidades de energía capaz de producir la potencia instalada. Así, si suponemos una potencia instalada E el número de unidades horarias de energía que podrá producir anualmente, comprendiendo el ciclo de las mayores oscilaciones será $E \times 8760$ horas y si las unidades producidas fueran M la característica del consumo o absorción estaría dado por el factor

$$\frac{M}{E \times 8760} = f \text{ llamado factor de carga anual.}$$

Este factor de carga puede variar, y en general así

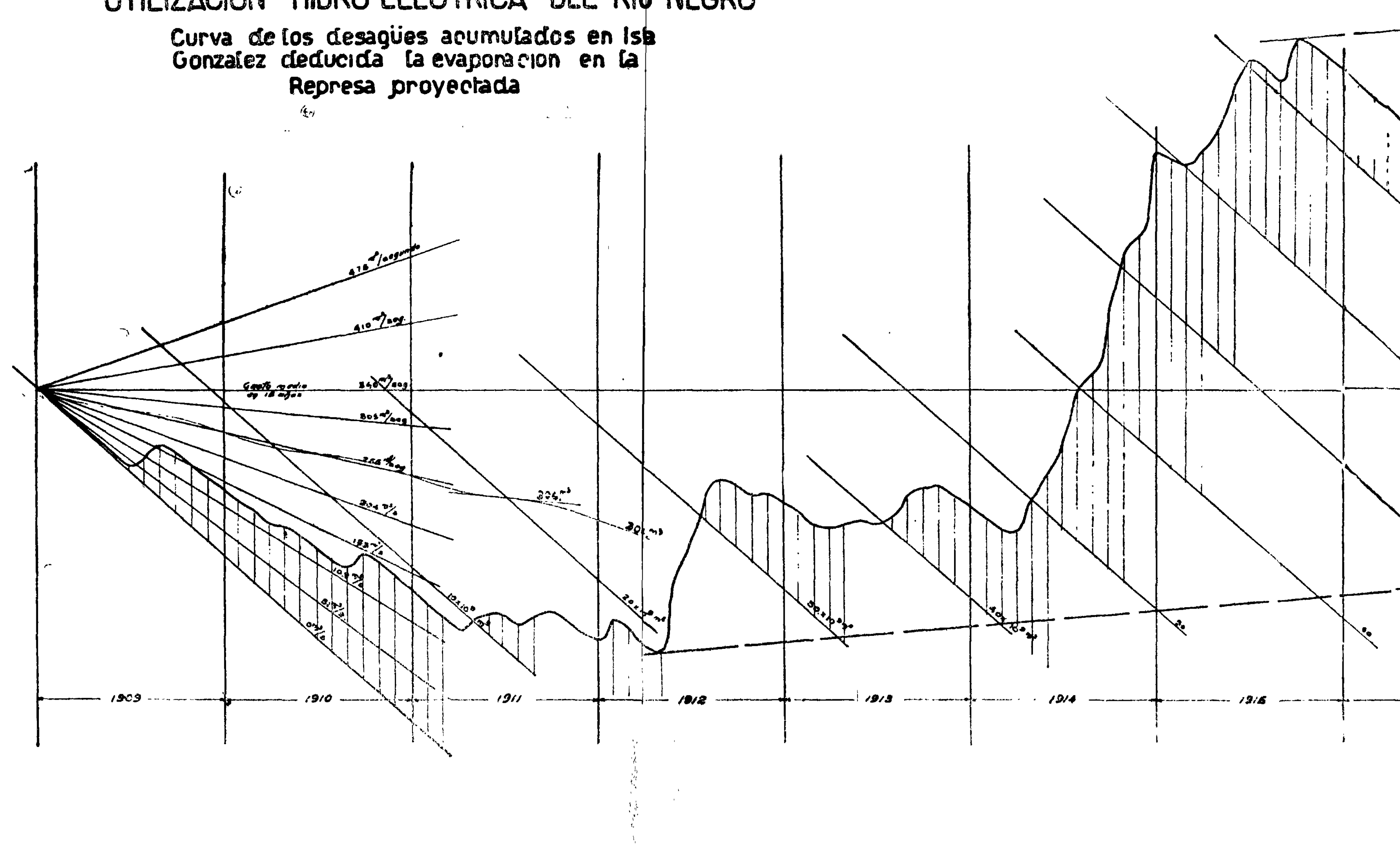
sucede, con el variar de la potencia instalada y nuevos empleos de la energía según funciones complejas de la misma y su estudio nos llevaría lejos de nuestro propósito.

Consideramos constante la forma del diagrama de consumo diario y admitiremos, como es lógico, que el caudal de agua previsto en los estudios de la hidráulica del río, pase o por la represa esterilmente o sea usinado en relación a la fluctuación de la energía demandada o consumida.

Podrán utilizarse en ciertos casos las aguas que deban forzosamente pasar esterilmente, usinándolas a fin de producir energía secundaria que para el caso de factores de carga constantes, será esta preferida, pues tendrá su producción cierta regularidad.

Las variaciones anuales de consumo, tienen una importancia mayor, pues pueden afectar muy sensiblemente la intensidad de la derivación. Para tenerlas en cuenta bastará que los vectores representativos de las derivaciones constantes en el estudio de la curva de desagües, en lugar de ser líneas rectas, sean curvas en forma de ondas de período anual, cuyo ángulo de tangencia en un momento dado, sea la intensidad de la derivación. Así por ejemplo, en nuestra Usina de Montevideo, las variaciones de potencia oscilan regularmente entre 1 en verano a 1.50 en invierno, las rectas de derivación serán sustituídas por curvas de la forma aproximada indicada en la Fig. 1 por M. N. Esta consideración puede en algunos casos, como en el estudio de nuestros ríos, favorecer la utilización, es decir, permitir obtener mayor potencia hidráulica, modificando favorablemente el diagrama característico que hemos descripto. En efecto, en nuestro clima las crecientes son más frecuentes en invierno que en verano, es decir, que coinciden en faz, diríamos así, con las curvas de derivación, y las faltas o excedentes de agua se reducirían sensiblemente.

Termino aquí la primera parte de mi exposición, o


UTILIZACIÓN HIDRO-ELÉCTRICA DEL RIO NEGRO
Curva de los desagües acumulados en Isla Gonzalez deducida la evaporacion en la Represa proyectada
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915

Embalse de Regulación Total 36 x 10⁹ m³

Gasto medio ciclo climático de 11¼ años 370 m³/segundo

1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923

Figura 3

;a la teoría sobre la investigación del valor económico ; un río como fuente de energía, y paso a describir ›s resultados de una aplicación práctica de dicha teoría l Río Negro, — problema confiado al ingeniero Paul Kalermatten.

Crítica al anteproyecto del ingeniero Paul Kalbermatten

Para mejor estudiar un trabajo complejo como el men-:onado, nada más práctico que el realizarlo nuevamente n sus grandes líneas por vías o procedimientos simila-es o distintos y comparar las soluciones posibles teniendo special cuidado de fundar los elementos básicos de es-)s procesos de investigación, en los mismos elementos, ıe en nuestro caso sería la hidráulica del Río en el ismo paraje, los mismos presupuestos o costos básicos, ;s mismas modalidades, en los consumos de energía.

Procedamos a estudiar la hidráulica del Río.

Con los caudales de agua mensuales tomados por el ıgeniero Kalbermatten y corregidos de la evaporación esta corrección no afecta a las conclusiones finales) onstruímos una curva de caudales acumulados que des-ırrollaremos en un sistema de ejes oblícuos a fin de vitar las interrupciones por salir fuera de los límites el papel de dibujo, fig. 3. Con tomas o derivaciones de e 50 a 400$^{m^3}$ por segundo, y con volúmenes de embal-es de 2 a 14 $\times$ 10^9 m^3, he determinado los déficits o ıltas relativas de agua expresados en porcentaje de la lerivación y he obtenido el conjunto de curvas $\eta = .05$, .10, .15, .30 etc. la $\eta =$ o por extrapolación, curvas que :omo Vds. saben representan las faltas de agua y de :onsiguiente la energía; la característica hidráulica del Río está con este juego de curvas, completamente deter-ninada; conocemos todos los elementos relacionados con a regularización del caudal. (Fig. 4).

Para la derivación de fuerza motriz es necesario que os volúmenes del embalse estén comprendidos entre dos

planos cuya alturo no debe oscilar sino dentro de ciertos límites prefijados por otras razones, y que para el caso he establecido arbitrariamente en 25 o/o de la altura, un poco mejor que la proporción fijada por el ingeniero

Kalbermatten que es de 28 o/o. $\left(\frac{7^{mts.}}{25^{mts.}}\right)$

Con dicho coeficiente he obtenido las alturas de represa tales que me permitan tener los volúmenes de regularización en capas situadas en la parte superior del embalse y cuyo espesor sea de 25 o/o o $^1/_4$ de la altura.

Estas nuevas alturas h_1 son indicadas en columna al lado de las h de regularización y de los volúmenes respectivos. Con las alturas h_1 y las derivaciones por segundo indicadas como abscisas, he trazado las curvas de las potencias a instalarse calculadas por la fórmula $9 \times Q \times h_1$.

Las curvas de potencia iguales, hipérbolas, han sido trazadas de 10.000 en 10.000 kilowats.

El diagrama de potencia hidráulica queda pues terminado con el trazado de estas curvas de potencia. Existen dos regiones, una limitada por la curva $\eta = o$ y el eje de las ordenadas que es la región de las potencias permanentes o potencias con utilización contínua y la otra región fuera de la $\eta = o$ en que las potencias instaladas, podrán utilizarse solamente en parte y temporariamente, las intersecciones con la curva $\eta = .20$ por ejemplo, significan que las potencias instaladas podrán producir un promedio anual del 80 o/o de las horas de utilización del año. Si la utilización total anual es de 3.000 horas, dichas potencias bajo $\eta = .20$ podrá utilizarse solamente 2.400 horas. La utilización total de las potencias en esta región requiere usinas completamente hidráulicas o térmicas de potencia igual y disponibles en todo momento y que deberán generar el complemento de la energía, es decir, en el caso citado el 20 o/o de la energía total o por el tiempo de

$$\frac{20}{100} \times 3000 = 600 \text{ horas.}$$

Podría haber trazado igualmente las curvas η, representativas de las faltas máximas de agua en un período en relación a la derivación media anual. Estas curvas son útiles en el estudio de la utilización de la reserva de hierro, en los casos excepcionales tales como en los años 1916-17, donde la falta máxima de agua en dicho período fué, para derivación 200 m^3 por segundo con embalse de 8×10^9 m^3 de

$$\frac{5.4 \times 10^9}{200 \times 3600 \times 24 \times 365} = 85.$$

Establecidas y puestas en forma bien aparente las modalidades de las funciones de potencia hidráulica del Río, veamos ahora las funciones de costo.

Del presupuesto formulado por el ingeniero Kalbermatten (Tableau VIII Rapport-Deuxième partie), agrupo por un lado los costos de las obras de represa y embalse y por otro los costos que dependen de las potencias instaladas.

Los primeros los he dividido en partes constantes o independientes de la altura de la represa, que comprenden las instalaciones obreras y vías de acceso \$ 330.000 y una parte constante de las obras que estimo en \$ 490.000 dando en conjunto un total de \$ 820.000. Los segundos variables con la altura de la represa, o más exacto, proporcionales al volumen de la maspostería; esta parte total es de \$ 5:700.000, para una altura de (25m + 7m), es decir, 32 metros sobre el plano de fundación compuestos con \$ 4:080.000 del Rubro 1.º más 1:620.000 del Rubro 3.º y parte del capítulo II; el volumen a esta altura representado por unidad nos da para las alturas sobre estiaje de 30 y 20 m, es decir, para 5 metros en más y cinco en menos, volúmenes relativos de 1.42 y

ciudades del interior de igual régimen de consumo y la utilización podrá tomarse como periódica y de la forma y factor de carga actual de la Usina Eléctrica de Montevideo.

Será imprescindible, pues, para poder utilizar la energía hidráulica de la región de utilizaciones temporarias, la provisión o instalación de usinas complementarias hidráulicas o térmicas de igual potencia para que puedan en los períodos de falta total de agua generar la energía que con regularidad exigen los consumos. Es bien este régimen de explotación el adoptado por el ingeniero P. Kalbermatten ejecutando dicho complemento con usinas térmicas (a vapor).

Para contemplar este nuevo factor de costo he determinado los costos de instalación del kilowat de potencia térmica para las distintas potencias hidráulicas instaladas, que deberá complementar teniendo en cuenta los distintos grados de utilización indicados por las curvas η; para obtener estos valores he utilizado la curva I del anexo 18 del Ing. Kalbermatten, diagrama de costos de generación de la unidad térmica, en función del grado de utlilización, correspondiendo la utilización total de una potencia al funcionamiento de 3.000 horas anuales. — Para facilitar este cálculo he construido una curva auxiliar tomando como abcisas; — los porcentajes de utilización que serán los valores de η y como ordenadas; los valores de η por las ordenadas de la curva I $\times$ 3.000 horas, valores que sumados a una constante de $ 11 que representan $ 6 por intereses y $ 5 por amortización por kilowat instalado y además la cantidad de $ $\frac{85.000}{E}$ que representa los gastos anuales independientes de la potencia instalada, nos dará el costo anual del kilowat térmico instalado para las distintas potencias y grados de utilización.

Estos valores que vendrían representados por una serie de curvas de igual costo creciente con los valores de η

y en razón inversa de las potencias, se han sumado a los costos de las potencias hidráulicas instaladas y la suma nos da el costo del kilowat mixto instalado. Estas sumas de valores tienen también su representación gráfica que es la definitiva en este análisis económico; estas curvas son las indicadas en puntos en la figura 4, las cuales revelan claramente la región de los mínimos costos de explotación mixta a potencia térmica equivalente a la hidráulica; por ellas observaremos que las soluciones más económicas corresponden a alturas de represas de 31 metros más o menos y que los costos del kilowat mixto será para potencias de 50.000 kilowats, $ 56.5; 60.000, 53.8; 70.000, 52 5; 80.000, 51.5, y 90.000, $ 51.5.

Si comparamos àhora los respectivos costos para una instalación hidrotérmica de igual régimen pero con represa construída a 25 metros de altura como lo aconseja el Ing.º Kalbermatten, nos encontramos con los siguientes resultados, para potencia de 50 000 Kws. costo por Kw. $ 56.5 para 60.000, $ 55.6 para 70.000, $ 55.6; 80.000, $ 56.4 y 90.000, $ 58 por Kw. año respectivamente. De la comparación de los resultados anteriores vemos las consecuencias desastrosas que en el orden económico conduciría la solución aconsejada por el Ing. Kalbermatten.

Hemos hecho la comparación de los resultados a que nos llevarían las dos alturas de represas, la propuesta por el ingeniero Kalbermatten y la que arrojan la investigación racional; aceptando el régimen de la explotación mixta a igual potencia térmico-hidráulica que preconiza el citado ingeniero, pero este régimen al que lo ha conducido su método de estudio, es en el caso actual también erróneo y se traduce como lo veremos adelante en otro cúmulo de enormes inversiones en ampliar usinas térmicas, en contra precisamente al desarrollo de las hidráulicas que demostramos nos son más convenientes.

A mi juicio la necesidad de la usina térmica comple mentaria y de igual potencia requerida en el programa

del Ing.º Kalbermatten, es originada por defecto en el proceso del análisis mismo. En efecto el Ing.º Kalbermatten después de fijar arbitrariamente, la altura de la represa en 25 metros, digo arbitrariamente por que basarla en la resistencia máxima del terreno, como lo indica sumariamente, no es racional, desde que se pueden construir represas a cualquier altura para cada presión máxima preestablecia; determina una capa reguladora del embalse de 7 metros de altura $4.5 \times 10^9 m^3$ de volumen basado en razonamiento particular. En la curva de los desagües acumulados construidos sobre ejes octogonales, traza otra igual paralela a una distancia igual al volúmen de la mencionada capa, y ensaya en esta zona comprendida entre las dos curvas tres derivaciones arbitrarias, una de 80 m^3 por segundo, otra de 120 y otra de 260 m^3 por segundo. Es claro, como lo hemos razonado en un principio, que dada la limitada capacidad de la capa de embalse se encuentra al trazar estas derivaciones con faltas de agua en las épocas de deficiencia, en particular en los años 1916 - 17.

La falta de agua significa falta de potencia y de consiguiente exige la provisión de usina térmica complementaria de igual potencia que la correspondiente al caudal de agua de la derivación.

Este proceso de investigación infaliblemente debería llevarlo en alguna época del período analizado y para muchas derivaciones, a la falta absoluta de agua; cuando en realidad hemos visto que existen volúmenes de embalses tales que combinados con ciertas derivaciones no nos dan déficit alguno de agua.

Separémonos de estas soluciones aisladas que nos dan déficit o faltas de agua y partamos de las mayores potencias permanentes o contínuas que económicamente podemos derivar de ésta primer represa reguladora, las cruzadas por la curva $\eta = o$.

Supongamos que contamos al iniciarse la explotación de la usina hidráulica del Río Negro con una térmica

de 40.000 Kws. de potencia y que de acuerdo con nuestro programa no hemos de aumentar.

El caudal regularizado del río puede utilizarse para derivaciones de energía aguas abajo, las obras a ejecutarse no responderán en dicho caso sino a la simple derivación de potencia, la altura de la represa casi en su totalidad o con muy pequeñas variaciones será el factor virtual de la potencia desde que el caudal será prácticamente constante, igual al regularizado por la primer represa, más un pequeño caudal, en nuestro caso unos 120 m.³. La potencia a derivarse en la segunda represa será pues $10 \times 120 \times h$. Por otro lado los costos serán distintos de la primer represa pues corresponderán a otra ubicación, la línea de transmisión no será tan extensa pues podrá empalmarse a la primera utilizándose en gran extensión sus soportes.

El costo, en resumen, para una ubicación similar se compondrá como en el caso anterior de tres partes, una constante, otra que variará con la altura de la represa y otra con la potencia instalada. La curva de costos podemos suponerla representada a una constante de diferencia por la misma curva del caso anterior. Las potencias por otro lado, vendrán representadas por una recta. El costo mínimo del Kw. instalado estará dado por la altura h que corresponde al punto de tangencia a la curva del costos trazada con un ángulo igual al de la línea de las potencias que para el caso resulta ser de $h = 21$ y el costo anual del Kw. instalado para esta nueva represa será de $ $\frac{588.000}{E} + 16.6$ (e mínimo correspondiente a la potencia $E = 24.000$ Kws. será de $ 41.10.

Pero como lo que nos interesa conocer no es sólo el mínimo de la segunda represa, sino el conjunto de las dos usinas hidráulicas más la térmica existente, cuya potencia disponible es de 40.000 Kws. Para hacer esta investigación debemos tener en cuenta la modalidad de

la demanda de energía por el consumidor a fin de mejor utilizar las potencias térmicas o hidráulicas disponibles, pues las características de sus respectivas generaciones, nos hacen más provechosas las térmicas en donde haya mayor variación de carga y las hidráulicas en los casos contrarios.

La forma o modalidad de nuestro consumo medio diario, tiene el aspecto representado por el diagrama (rayado dentro de la figura 5). La potencia máxima diaria es la ordenada E y la máxima anual resulta de otras consideraciones ser $E_i = 1.20$ E.

Por lo anteriormente establecido, nos conviene colocar la potencia térmica E_i disponible en la parte superior del diagrama, es decir, que deberá generar el pico de energía. De este pico de energía, generará hasta una cierta potencia E_i a fin de que el conjunto de las potencias hidráulicas y térmicas, nos de el costo mínimo. Es evidente que a medida que la potencia total a suministrar E es mayor, el diagrama diario será más alargado, el pico del mismo tendrá menos área para un valor dado E_i, de consiguiente se utilizará en menor proporción la potencia térmica. Construyamos un diagrama representativo de estas variaciones de utilización para lo cual tomaremos como eje de las abscisas, las potencias utilizadas E_i y como eje de ordenadas los costos de generación de las unidades que encierra el pico de diagrama diario hasta la potencia E_i y tendremos para distintas potencias máximas E distintas curvas que enumeraremos en el diagrama por el valor de E = 40.000, 60.000, 80.000, 100.000, etc. A la izquierda de dicho diagrama con los mismos ejes, contando las potencias y los costos desde el mismo origen, trazemos las rectas representativas de los costos de las usinas hidráulicas; la primera, cuyo costo inicial es decir, a potencia E = o está dado por la ordenada de la recta. Figura 6 correspondiente a la altura h = 31, inclinada con un ángulo de $ 16.6 por Kw. de potencia, hasta la

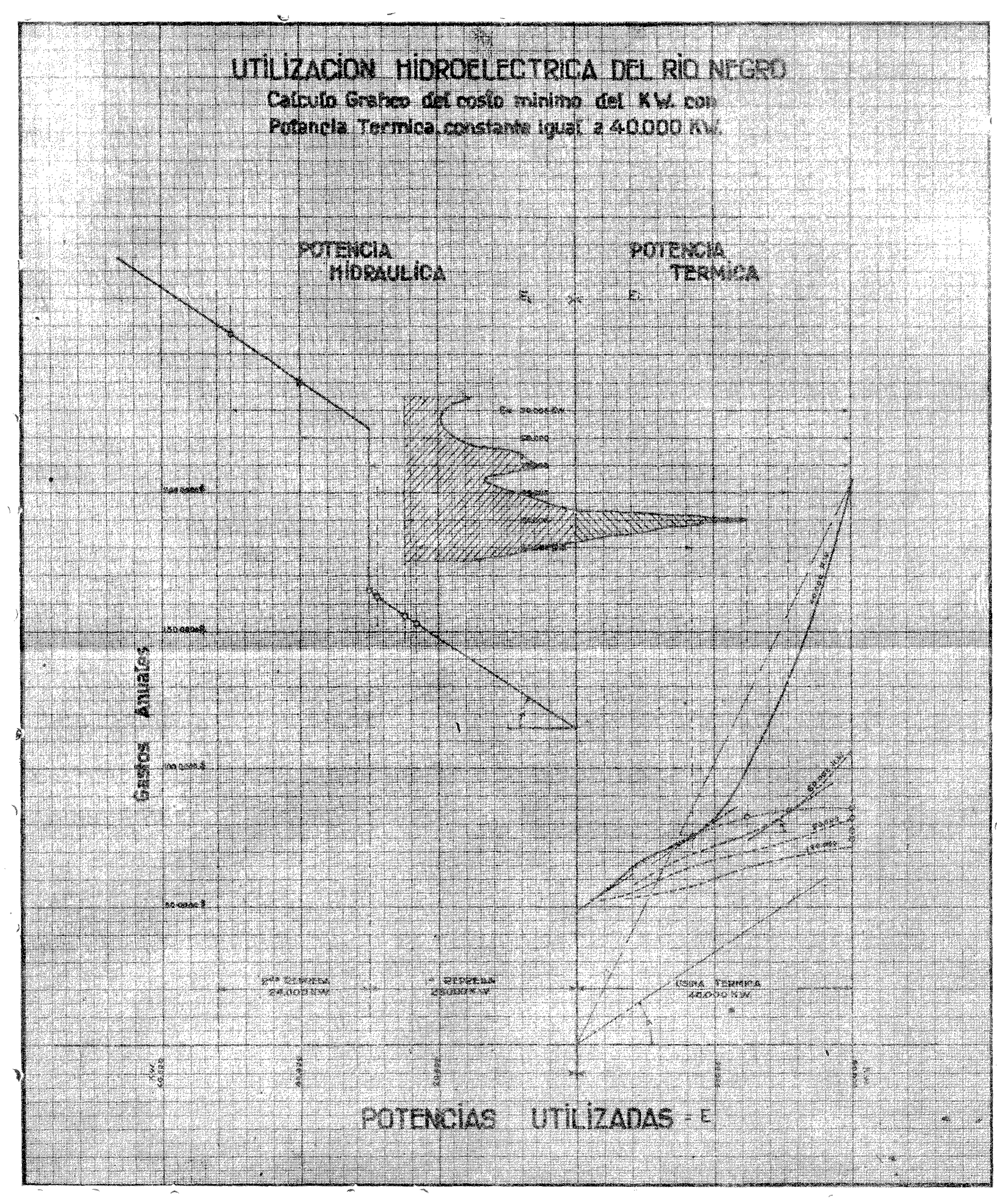

UTILIZACION HIDROELECTRICA DEL RIO NEGRO
Calculo Grafico del costo minimo del KW. con
Potencia Termica constante igual a 40.000 KW.
POTENCIA HIDRAULICA
POTENCIA TERMICA
Gastos Anuales
USINA TERMICA 40.000 KW.
POTENCIAS UTILIZADAS = E

Figura 5

máxima de que es capaz dicha primera usina, que es de 28.000 Kws.; luego una vertical representativa de los costos independientes de E de la segunda represa que hemos fijado en $ 588.000 seguida de una recta inclinada como la anterior con un ángulo de $ 16.6 por Kw. de potencia hasta la máxima de esta segunda represa, que hemos determinado ser de 24·000 Kws. El diágrama así completo, nos permite determinar el costo del Kw. mixto en este régimen hidrotérmico; para ésto, bastará sumar las ordenadas correspondientes a las dos intersecciones de dos verticales que limitan la potencia total E, cuyo costo unitario se desea conocer y dividirla por dicha potencia, pero observaremos que dicha distancia horizontal representativa de la potencia máxima E puede colocarse de muchos modos, tomando más o menos potencia térmica o hidráulica, y el resultado o costo de la unidad de potencia será distinta: un razonamiento sencillo nos conduce a perfeccionar este diagrama y darnos para cualquier caso las soluciones de costo mínimo.

En efecto, si trazamos a las curvas representativas de los costos de la potencia térmica, tangentes con el mismo coeficiente angular de las rectas representativas de los costos de las potencias hidráulicas, los puntos de tangencia indicarán la proporción de energía térmica E_1 a utilizar para que el costo total sea un mínimo; la demostración de esto es simple. Trazando, pues, una curva lugar geométrico de estos puntos de tangencia (punteada en la figura), tendremos las proporciones de energía térmica E_1 más conveniente en utilizar para las distintas potencias totales E y con esto el diagrama queda completo para investigar los costos mínimos del Kw. de explotación mixta con potencia térmica constante de 40.000 Kws.

Veamos los costos a que nos conduce tal régimen de explotación; para 50.000 Kws. de potencia, el Kw. costaría $ 47.6, para 60.000, $ 41 para 70.000, $ 35 8, para 80.000, se entra a utilizar la segunda represa y el costo

Resultados comparados entre la proposición del Ingeniero P. Kalbermatten y los obtenidos en el análisis racional que antecede

Potencia hidráulica instalada E. Kilowats	USINA TÉRMICA DE IGUAL POTENCIA QUE LA HIDRAULICA — COSTO DEL KW. — Proposición del Ing. Kalbermatten h = 25 mts.	COSTO DEL KW. — Proposición $h_1 = 31$ mts.	Mayor costo del KW. año de la proposición Kalbermatten	Mayor costo total por año de la proposición Ingeniero Kalbermatten	USINA TÉRMICA DE POTENCIA CONSTANTE DE 40.000 KW. — COSTO DEL KW. — Proposición h = 31 mts.	COSTO DEL KW. — Mayor costo por KW. año de la proposición Kalbermatten	Mayor costo total por año de la proposición Ingeniero Kalbermatten
50.000	$ 56.5	$ 56.5	$ 0		$ 47 6	$ 8.9	$ 445.000
60.000	» 56.6	» 53.8	» 1.8	$ 108.000	» 41	» 14.6	» 876.000
70.000	» 56.6	» 52.5	» 3.1	» 217.000	» 35.8	» 19.8	» 1:386.000
80.000	» 56 4	» 51.5	» 4.9	» 392.000	» 40.4 (1)	» 16.	» 1:280.000
90.000	» 58.	» 51.5	» 6.5	» 585.000	» 37.2 (1)	» 20.8	» 1:872.000

(1) Con 2.ª represa aguas abajo de 21 metros de altura.

sube a $ 40.4 y por último para 90.000 Kws. $ 37.2 el Kw.

Todos los resultados obtenidos en los análisis anteriores han sido puestos en una tabla a fin de mejor compararlos y de ella deducimos como conclusiones las siguientes: que la proposición del Ing. Kalbermatten contiene, a parte de la omisión en considerar factores de economía tales como utilización de la reserva de hierro y de las posibilidades de embalses reguladores aguas arriba, dos errores fundamentales que son el establecimiento de la altura de la represa independientemente de la hidráulica del Río y segundo la utilización exclusiva para energía complementaria de la generación térmica con ampliaciones de la actual. Dichos errores se traducen por encarecimiento de los costos del Kw. mixto instalado, en proporción tal que, a realizarse el proyecto por él aconsejado haría incurrir al Estado en pérdidas anuales del orden de centenares de miles de pesos o en otros términos obligaciones permanentes estériles del orden de millones de pesos.

V. B. Sudriers.

La energía hidro-eléctrica del Río Negro

Conferencia pronunciada en el salón de actos públicos de la Universidad, por el Dr. Gabriel Terra, el 17 de mayo de 1928

Señoras:
Señores:

La Asociación Patriótica del Uruguay, procediendo con la sensación exacta de las circunstancias, me ha pedido una conferencia sobre el tema «Aprovechamiento hidroeléctrico del Río Negro», y a esa amable invitación debo el honor de ocupar esta tribuna universitaria, alta tribuna de la patria, para exponer lo que la inteligencia del hombre puede hacer en el gran río que atraviesa la República en su centro, lleno de bellezas, que han sabido inspirar a poetas y pintores, lento y majestuoso en su marcha, llevando en su corriente el secreto del porvenir industrial, el ensueño realizable de la grandeza económica de la República, cuando sea convertida la fuerza que desenvuelve en sus caídas y en sus grandes desniveles, en la iluminación de las ciudades, en la creadora de fábricas, y cuando los ferrocarriles electrificados lleguen a Montevideo, atravesando una campaña fecundizada por el riego que multiplica la cosecha generosa, y dignificado por el pequeño taller instalado en todos los hogares de los campesinos, evitándoles que sean atraídos como son hoy, por las ciudades absorbentes y convertidos en los asalariados mártires de la promiscuidad del aire enviciado de la fábrica que provoca con el hacinamiento de los hombres y las mujeres, el mayor malestar de las socie-

dades modernas, sensibles, cada vez más, a las reivindicaciones de los que sufren, de las multitudes víctimas del dolor y del sacrificio en las crueles luchas por la vida.

Y la Asociación Patriótica ha comprendido que en este momento histórico, es indiscutiblemente el primer problema de gobierno, el desenvolvimiento de la energía eléctrica, en un país que, como el nuestro, tiene ansias de progreso y bienestar y no cuenta ni con minas de carbón ni con pozos de petróleo debiendo pagar el combustible al extranjero, desprendiéndose de la parte principal de sus riquezas, del veinte por ciento de trabajo nacional; que lo vemos salir año por año, dándonos el triste espectáculo de un organismo que se desangra para pagar carbón, fuel oil, bencina, en sumas millonarias, que crecen de una manera tan alarmante, que solamente por inconsciencia podríamos permanecer impasibles ante la magnitud de ese drenaje que nos condenará si no se toman iniciativas como las que voy a comentar, a una anemia desesperante y perdurable.

El general Charles Mangin, que fué nustro huésped y que con su heroismo contribuyó en los días de Verdun a salvar la Francia, envió a un filósofo en aquellos días sombríos, su fotografía, con una dedicatoria en la que recordaba que había sido su discípulo. Mas tarde declaraba en una carta dirigida a Gustavo Le Bon que eran sus doctrinas las que lo habían guiado mientras preparaba la victoria decisiva del 18 de Julio de 1918 y las operaciones que le siguieron.

Dice Le Bon que el sociólogo que ha tenido la rara suerte de encontrar un tal discípulo para aplicar sus principios, le debía un vivo agradecimiento y para demosrarlo le dedica un libro al que le pone el nombre « El desequilibrio del Mundo ». En ese libro Le Bon habla de la importancia de las fuerzas derivadas de la hulla, del petróleo y de las caídas de las aguas, fuerzas ignoradas hasta una fecha muy reciente, porque apenas data de Napoleón, la época en que se han hecho tan preponde-

rantes las primeras, que sin ellas no puede concebirse la civilización, porque la potencia de los Estados modernos se mide de más en más, por sus riquezas en hulla y en petróleo. Privados de esos generadores de fuerza, los pueblos caen fatalmente bajo la tutela económica primero, y política después, de los que poseen esos elementos.

Demuestra el filósofo cómo la hulla es la verdadera creadora de habitantes, haciendo la historia del desenvolvimiento de Glasgow y de Liverpool, llegando a la conclusión que mucha hulla y pocos habitantes es mejor que la situación inversa —gran población y poca hulla— porque en este último caso lo único que se puede producir, son los objetos de lujo, de poca venta o los productos agrícolas que significan gran esfuerzo, sin mayor riqueza.

Desde tiempo inmemorial, desde siglos atrás, el hombre se dió cuenta exacta de que el movimiento del agua ya fuese la caída de las montañas o la captada a través de las corrientes de los ríos que surcan la planicie, significaban fuerzas utilizables y de allí aquellos viejos molinos cuyas ruinas melancólicas vemos aún en nuestras campañas, que con la rueda de madera recogían en el lugar en que el río revelaba mayor caudal, la energía para moler el trigo, con la máquina rudimentaria y sencilla en su concepción, o para cortar la leña, mediante la sierra primitiva. Esta era una fuerza pequeña, de cinco a seis caballos, pero de inapreciable valor para el hombre, antes que surgiera el período industrial del siglo XIX porque llenaba sus necesidades primordiales y sus limitadas aspiraciones.

Más tarde el hombre se hace más exigente y transforma con su ingenio esa rueda de madera, en la turbina hidráulica y hace apenas un siglo que el sabio Arago, de la Academia de Ciencias de París, pronuncia el nombre de su descubridor, un bienechor de la Humanidad, nacido en Francia, y que, como suele suceder, no triunfa en su propio país, desde que la fama le venía de afuera.

«La turbina Fourneyron», decía Arago ante los académicos, provoca en Alemania una viva sensación; Rusia y Escocia se aprovechan de este invento; es tiempo que la Francia se de cuenta de lo que ella significa para su desenvolvimiento industrial.

Víctor Silvestre, el biógrafo de Fourneyron, al hacer la historia de este invento, exclama, con razón, que la Francia no ha sabido, hasta ahora, enorgullecerse, recordando una de sus grandes glorias.

Otro francés influye también, de una manera decisiva en la evolución de la turbina, y es Arístides Bergés, el primero que la aplica en las grandes caídas hasta de 500 metros, aprovechando simultáneamente presas de aguas, de más de un millón de metros cúbicos. Arístides Bergés se inmortaliza por haber avaluado el primero la riqueza hidráulica de su país en nueve millones de caballos de fuerza, avaluación confirmada después, como lo veremos más adelante, por los técnicos modernos y por haber dado el nombre a esta riqueza de «hulla blanca», nombre genérico que después se subdividió, quedando solamente para las caídas de las montañas y tomando el nombre de hulla verde, la que se obtiene de los ríos, y hulla azul las energías que dan las mareas, la fuerza de las olas.

La hulla blanca y la verde

Fué en la Exposición Universal de 1889, en París, donde se leyó la comunicación de Arístides Bergés, que constituye un gran documento histórico: «Me parece, dijo, que el más pequeño hilo de agua de las grandes alturas, no es simplemente, agua, es la hulla negra que surge automáticamente del suelo y entonces el nombre de hulla blanca para bautizar esa riqueza, surge naturalmente de mi espíritu. Con esta denominación empleo, sin duda, una metáfora, pero he querido emplearla adrede, para herir la imaginación de los demás y señalar con sinceridad

que las nieves de las montañas pueden, siendo explotadas como fuerzas motrices, ser para la región y para el Estado, riquezas tan preciosas como la hulla que se saca de las profundidades».

Pero la energía no se encuentra solamente en el agua que cae de las alturas de las montañas, sino que se genera también por el «debit», por el gasto de agua que pasa en un segundo por las pequeñas alturas naturales o se pueden provocar en los ríos y de ahí la división de grandes, mediocres y pequeñas caídas, siendo las primeras del dominio de la hulla blanca y esta última de la hulla verde y la hulla azul.

El autor del nombre de la hulla verde fué el ingeniero Enrique Brissón.

La hulla verde es la energía latente que se puede captar de los ríos que corren a través de las praderas; es producida por la diferencia de nivel de un punto a otro y por la cantidad de agua que atraviesa el espacio, con la medida de un segundo.

Los dos calificativos para designar la fuerza que sale de la montaña y del río, son metafóricos, dice Brissón, pero la palabra hulla aparece en los dos como sinónimo de energía.

Brissón recorre la rica campaña de la Normandía, antes de escribir su libro hoy clásico, y describe los vestigios de los viejos molinos cuyas paletas planas daban apenas el 25 o el 30 por ciento del trabajo absoluto disponible y en conjunto cinco o seis caballos de fuerza. Explica cómo la máquina a vapor derrota a la paleta de madera que queda como inservible y cómo viene después la turbina hidráulica, que produce rendimientos del 70 al 80 por ciento para continuar la lucha, pero todavía en condiciones desiguales, hasta que aparece en plena guerra franco-prusiana, en 1870, Gramme, inventando el dinamo eléctrico con el colector que permite obtener la corriente continua. El dinamo, que hace medio siglo era una palabra que no se encontraba en los dicciona-

rios, significa en griego, fuerza, y concentra en un pequeño volumen un poder extraordinario; puesto en comunicación con la turbina hidráulica, genera la electricidad y en contacto con otro dinamo produce la fuerza. Este contacto se produjo casualmente en la Exposición Universal de Viena. Un obrero preparaba la conexión de un dinamo con un grupo de lámparas y dirige la corriente a otro dinamo, equivocadamente; las lámparas no se iluminan, pero con gran sorpresa suya el otro dinamo se pone en movimiento. Acababa de descubrir, sin saberlo, uno de los más grandes factores del progreso humano, el motor eléctrico.

El descubrimiento de Gramme, y la casualidad de la Exposición de Viena, producen una gran revolución económica, científica e industrial.

Pero el descubrimiento que tanta influencia iba a tener en el porvenir no era todavía trascendental: la fuerza del agua no podía utilizarse sino al pie de la montaña, a la vista de la cascada o cerca del río que brindaba la pequeña caída. Y aquí aparece en la historia el nombre de Marcel Desprets, desconocido aún hoy del gran público, a pesar de haber sido el que descubrió la forma de obtener el transporte de la corriente eléctrica a la distancia, para producir la luz y la fuerza.

La electricidad tiene como característica la tendencia a correr, a escapar, y se vale principalmente de los metales: es su primer amigo en estimular esa tendencia, la plata, cuya carestía hace imposible su aplicación industrial: después está el hierro, pero el cobre es siete veces mejor conductor de la corriente que el hierro y fué Marcel Desprets, ingeniero de minas que estando todavía en la Escuela afirmó la posibilidad de utilizar la corriente eléctrica a la distancia para transmitir una fuerza cualquiera sin limitación teórica de poder. La solución le parecía evidente: era una simple extensión del telégrafo

eléctrico que envía la energía suficiente para mover un mecanismo extra-ligero. En 1881, en el Palacio de Industrias de París, realiza un trasporte de 1.800 metros y en 1882, en la Exposición de Munich repite la experiencia a 57 kilómetros. En 1885 Roschild le ofrece a Desprest recursos para realizar el trasporte de energía entre Greiny París, 56 kilómetros. La fuerza trasportada era de 100 caballos con 6290 votls, y tiene un éxito tan decisivo que la Academia de Ciencias, queriendo reconocer sus grandes servicios lo admite por unanimidad en su seno.

Este gran sabio no tuvo la suerte de ser testigo del desenvolvimiento enorme de sus inventos en estos últimos años; murió en 1918 al finalizar la guerra, en la mayor pobreza y su muerte pasa casi inadvertida. Recién el mundo se iba a aprovechar seriamente de su ingenio, como lo veremos más adelante. Parece que la humanidad necesitara de las grandes sacudidas de inmensas catástrofes, para despertar y dar saltos de progreso.

Pero antes de relatar en forma sintética lo que han hecho los países de nuestra civilización después de la guerra, séame permitido, — dado que esta conferencia es la divulgación, — hacer conocer algunos términos elementales, que son indispensables para comprender el significado de las cifras que tengo que utilizar para que mis oyentes de hoy y los que me lean mañana, puedan formar criterio exacto de lo que expongo.

Medidas eléctricas

Deseo definir las unidades hidroeléctricas: un kilográmetro es el esfuerzo que se desenvuelve para levantar en la altura de un metro un kilo en un segundo. El caballo de vapor es 75 veces ese esfuerzo. En otros términos: se necesita el esfuerzo de 7 hombres o de 14 mujeres, para reemplazar el poder de un caballo de vapor.

Una caída de agua produce un efecto análogo a una máquina de vapor. Cayendo un litro de agua, cuyo peso

es de un kilogramo de un metro de altura, produce un kilográmetro y cuando caen 75 litros de un metro en un segundo, se produce una corriente de un caballo hidroeléctrico. Cuando un litro cae de 75 metros, la gran caída produce la misma fuerza que en la pequeña caída de un metro con 75 litros.

El ampere es la cantidad; el volt es la medida de tensión de la corriente. Los altos voltajes son necesarios para atravesar las largas distancias: es la manera de hacer pasar por el alambre mucha electricidad sin el peligro de que se queme el hilo o se produzca el incendio-

Hay otra unidad a que referirse: es el wathora que es la medida de lo que consuma una lámpara durante un tiempo determinado, hectowat es la medida que se usaba en la iluminación; el kilowat es la medida de la fuerza, hoy se emplea también para medir la luz.

El hectowat equivalía al consumo de una lámpara de de 10 bujías en dos horas en la época de las primeras aplicaciones de la electricidad. Se necesitan 736 wats. para formar un caballo hidroeléctrico.

Los datos que vamos a dar, se refieren a la hulla blanca y a la hulla verde. La azul, obtenida por la marea, por el movimiento de las olas, está todavía en un período de ensayo, por más que se han realizado importantes estudios especialmente en la costa de la Mancha, en donde es muy grande la amplitud de las mareas.

La utilización de la fuerza de la marea ofrece una gran dificultad: que no es contínua y constante como lo exige el consumidor, sea cual fuera la industria que se explote.

Esta dificultad y la acción destructora del agua del mar en el metal de las turbinas, ha hecho que las obras realizadas hasta ahora sean solamente dos y de poca importancia. Una es la de Rochland en la América del Norte y la otra es la Finister, no terminada aún, en Francia.

Nos ocuparemos de las coustrucciones realizadas en

caídas de menos de 33 metros, que se provocan en los ríos para obtener la hulla verde y las demás de 35 metros, hasta 1.650 que son del dominio exclusivo de la hulla blanca.

Francia

Empezaremos por estudiar primero la Francia, que ha dado al mundo los cerebros de los grandes inventores de los aprovechamientos hidráulicos; pero que no ha realizado, es necesario confesarlo, como otros países, los grandes progresos en aplicaciones de la ciencia. Quizás ese atraso es debido a que, victoriosa en la guerra, financieramente ha sido derrotada, pasando todavía por una terrible crisis que trata de dominar con esfuerzos desesperados la alta capacidad de Poincaré, apoyado por la inteligencia de un pueblo que en los momentos decisivos sabe reconocer y acatar a sus grandes hombres.

Julio Meline, notable Ministro de Agricultura, autor de la interesante obra « La Salud por la Tierra », compara la riqueza de la Francia con la de Alemania; la Francia con sus nueve millones de caballos de fuerza utilizables y la Alemania con apenas un millón quinientos mil. Comenta también la pobreza del dominio hidráulico de Inglaterra de 375.000 caballos y no se alarma ante el hecho de que su país haya triplicado su presupuesto y su deuda pública después de la guerra. Pero la verdad es que esa tranquilidad de espíritu, tendría razón de ser, si se precipitara la obra constructiva y no se marchase con la lentitud con que está marchando.

Antes de la guerra de 1914 el total de las caídas instaladas en Francia, eran de 750.000 caballos. La desaparición de las minas de hulla por la invasión del territorio y las necesidades de la defensa nacional impulsaron las construcciones hidráulicas. Una estadística oficial avaluó — confirmando lo que había dicho medio siglo atrás Arístides Bergés — en más de nueve millones de caballos

la totalidad de la fuerza que podría utilizarse, ochocientos cincuenta mil caballos fueron instalados en plena guerra, de 1915 a 1918, venciendo las dificultades de todo orden. Al final de la guerra la fuerza utilizada llegaba a 1:165.000 caballos y el avance continúa, pero lentamente, 500.000 caballos están en este momento en obra y los capitales invertidos desde 1918 alcanzan a quinientos millones de francos, excluído lo gastado en la electrificación de tres de sus líneas principales, la del Mediodía, Orleans y París-León. Pero se está muy lejos de haberse hecho lo suficiente porque la Francia tiene por delante un problema angustioso: es importadora de carbón por más de veinte millones de toneladas al año, a pesar de las minas conquistadas a Alemania como precio de la victoria. El carbón que posee está calculado que se agotará antes de treinta años y es cada vez más pobre a medida que se profundiza la utilización de las minas.

Es, pues, para Francia una cuestión de vida o muerte, el problema de su electrificación total y no ha llegado todavía a la cuarta parte del empleo de sus fuerzas.

El ingeniero Manuel Mollard, acaba de dar a luz un interesante libro con datos hasta el final de 1927, demostrando esta misma tesis y comparando lo poco que ha hecho la Francia en relación a otros países, cuyos progresos estudia, los que vamos a comentar:

La Suiza

Empezemos por este admirable exponente de civilización. Tiene instalados dos millones de caballos. El carbón que gasta no alcanza al 20 por ciento de la energía eléctrica. Se puede considerar que han desaparecido del industrioso país las máquinas a vapor.

Alemania

Sigue una política previsora e inteligente. Rica de carbón, antes de la guerra le hacía la competencia a Inglaterra, porque producía 300 millones de toneladas al año, aunque ha perdido parte de esa riqueza por el Tratado de Versailles, la conserva en su conjunto y trata de economizarla de todas maneras. Emplea en sus máquinas con preferencia a los combustibles pobres. Su gobierno, procediendo con facultades amplias, trata de hacer desaparecer las pequeñas usinas que dan un porcentaje de desperdicio enorme, reemplazándolas por centrales poderosas, economizando el carbón en esta forma en un 15 o 20 por ciento, y aprovecha, además, en lo posible, la riqueza hidráulica, habiendo instalado, hasta ahora, casi la mitad de su poder total, es decir, 700.000 caballos.

Noruega

Tiene una gran parte de su fortuna nacional empleada en instalaciones eléctricas. Cada casa tiene su cocina convertida en una sala; su calefacción completa; su pequeño taller de lavado y planchado, y la familia más humilde goza de todos los refinamintos del bienestar. Con dos y medio millones de habitantes ha instalado dos millones trescientos mil caballos de fuerza, más que la Francia, y exporta parte de esa fuerza a Dinamarca, atravesando 600 kilómetros de cable, de los que 130 kilómetros van por la profundidad del mar.

Suecia

Confiere al Estado, por sus leyes, la propiedad exclusiva de las caídas del agua: llega a 6:700.000 caballlos de fuerza — cuatro veces más que la Francia — y emplea la energía en los campos y en todos los hogares.

Fabrica abono, que vende en todo el mundo, y carburo de calcio, a precios sin competencia. El gobierno nuestro por sí sólo, es un cliente por cien mil pesos al año. La hectárea de agricultura es más fecunda en Suecia que en ningún otro país y ha multiplicado, después de la guerra, 20 veces sus cosechas agrícolas. De los seis millones de caballos, las dos terceras partes han sido instalados en estos últimos ocho años.

Inglaterra

El país del carbón, —que se calcula no se extinguirá en 500 años—, trata de economizarlo también en lo posible, procediendo sus comisiones de combustible en forma dictatorial haciendo desaparecer las pequeñas usinas, como Alemania y concentrando la producción de la fuerza, y pobre, muy pobre en fuerza hidráulica con sus 375.000 caballos, constituye un comité con poderes amplios y lo uutoriza a contratar un empréstito de 33:000.000 de libras esterlinas para electrificar totalmente el país, y empieza por destinar, además, 3:750.000 libras esterlinas en la transformación eléctrica de su ferrocarril del Sur, en 230 millas, con la esperanza de doblar el tráfico.

Rusia

Después de la guerra, en pleno gobierno bolscheviki, construye numerosas usinas, en la mayor parte de sus grandes ríos y en estos momentos realiza obras por valor de un millón de rublos.

España

De tres millones y medio de caballos de fuerza, que constituyen el total de su riqueza, ha aprovechado más de la cuarta parte, es decir, 900.000 caballos, y los telegramas de estos últimos meses nos han informado que

ha firmado tratados con Portugal para electrificar sus ríos fronterizos.

España cuenta con técnicos hidroeléctricos de primer orden, algunos de reputación internacional, que han sido contratados como consultores por los americanos del Norte.

Italia

Cuando tuve el honor de representar a la República en Italia, después de la guerra, conversando con sus estadistas, saqué la impresión de su optimismo en materia hidroeléctrica. Las grandes esperanzas patrióticas estaban todas concentradas en el esfuerzo que se iba a desenvolver después de la guerra para aprovechar las caídas de las montañas, de los ríos y libertarse de la tutela económica que ejercía sobre Italia, —completamente desvalida en carbón— los países como Alemania, Inglaterra y Estados Unidos: grandes exportadores de combustible y las realidades están de acuerdo con las esperanzas que consideraban fantasías, entonces, alimentadas por el patriotismo.

Italia, en estos 11 años, desde 1914 a 1926, ha pasado de los 130.000 caballos utilizados, a dos millones y medio, casi 20 veces ha multiplicado su riqueza hidráulica.

Una gran línea de alta tensión, empieza en la Italia del Norte, atraviesa la central y llega hasta Sicilia, abarcando el sistema 4.500 kilómetros de cables eléctricos. La iluminación absorbe el 8 por ciento de esa energía y el resto se emplea en la industria.

Estados Unidos

Se calcula la fuerza hidráulica utilizable en los Estados Unidos, en cincuenta millones de caballos, y ha utilizado, hasta ahora, diez millones.

Se trata, dice el Ministro Hoover, (hoy candidato a la Presidencia), en un discurso pronunciado en el Congreso de 1925, de una verdadera revolución del mayor progre-

so que ha podido conocer un pueblo, porque reduce el peso del trabajo humano, lo hace menos cruel, multiplica la producción y aumenta el confort.

Los americanos sustituyen actualmente el músculo con una media anual de 3.300 kilowathora por familia, y hace diez años era apenas de 250 kilowathora. Esto quiere decir que el combustible eléctrico ha aumentado en Estados Unidos trece veces.

América Latina

Sentimos no poder dar datos precisos sobre la fuerza hidráulica de la América Latina, aunque, sin duda, no tiene comparación con la de ningún otro continente.

La mayor parte de los países que la componen, no han avaluado esas fuerzas y poco las han utilizado, aunque deben ser sin medida, por la influencia de los Andes, cuyas cimas se elevan a siete mil metros, por sus torrentes, convertidos en inmensos lagos representados por el hundimiento de la montaña y sus cascadas imponentes que se desprenden de lo alto de las cumbres, cadena de moles, sin rival en el mundo, que atraviesan gran parte del territorio americano.

Es halagador el pensar que además de esas fuerzas hidráulicas, las Repúblicas hermanas en la lucha por la independencia, si no han descubierto hasta ahora yacimientos de carbón, nos sorprenden todos los días con noticias de descubrimiento de pozos de petróleo, de ese combustible que hoy se prefiere a la hulla negra, porque un kilo de carbón da apenas 10.000 calorías, mientras que un kilo de petróleo produce once mil quinientas, lo que explica esa lucha de Inglaterra y de los Estados Unidos, cuyos acorazados se mueven hoy a base de petróleo para acaparar en el mundo el mayor número posible de concesiones. Hasta hace tres años se creía que los pozos de petróleo se agotarían en breve tiempo. Estados Unidos calculaba que los que tiene dentro de su territorio des-

aparecerían dentro de 20 años; pero nuevos descubrimientos en los distintos continentes, en Africa, en el Oriente y, sobre todo en la América del Sur, hacen presumir que durante muchos años todavía, el petróleo colaborará con su rival el carbón en la producción de la luz y de la fuerza. Nos limitaremos, pues, a estudiar los dos países vecinos: el Brasil y la Argentina, en sus fuerzas hidráulicas y en su situación económica ante el problema general del combustible, para después abordar el estudio de nuestro país, que es el objeto principal de nuestra conferencia.

El Brasil no es productor de carbón: importa todo lo que necesita. Apenas produce actualmente 350.000 toneladas al año, que extrae de una vieja mina que empezó a trabajar Mauá, hace medio siglo, sacando, entonces, 250.000 toneladas de carbón de inferior calidad.

No es productora tampoco la República del Norte de petróleo, en cambio tiene enormes riquezas hidráulicas que no han sido avaluadas hasta ahora oficialmente.

En uno de mis últimos viajes a Río Janeiro, visité las instalaciones eléctricas de Lange, a 80 kilómetros de la capital, que surten a la ciudad de luz y fuerza. Un ingeniero y 20 empleados manejaban la importante usina que desenvuelve treinta mil caballos. Esta usina, con las otras de Rasgao, Río Tiette, instaladas en 1925 con dos generadores de once mil kilowats cada uno y con una altura de agua de 24 metros; la de Sorocada con tres generadores de 12.500 kilowats cada uno y un tercero de 20.300 kilowats, con una caída de 210 metros, y la usina de la Serra, con dos generadores de 30.000 kilowats cada uno y una caída de agua de 725 metros, son concesiones de una compañía extranjera canadiense, cuyos grandes progresos se miden por la cotización de sus acciones y por el número de sus empleados, que en tranvías, en empresas de iluminación y en industrias, llega a 20.000 personas.

Esta compañía ha construído dos grandes represas de

agua, una para regularizar el Río Tiette, con una capacidad de doscientos millones de metros cúbicos y otra en el Sorocaba con una capacidad de doscientos cuarenta millones.

El Brasil es, pues, de los países de la América del Sur el que está a la vanguardia del desenvolvimiento hidroeléctrico, y aunque esta industria se ha dejado en manos de particulares que realizan grandes ganancias, la verdad es que allí la luz y la fuerza cuestan menos de la mitad de lo que nosotros pagamos actualmente por el kilowat.

La Argentina

Pasemos a la República Argentina que también importa todo el carbón que consume, pero tiene sobre el Brasil la ventaja de que ha descubierto en su territorio y descubre continuamente petróleo en abundancia, siendo los yacimientos que aparecen en el Norte, más ricos que los primeros descubiertos en el Sur.

La Argentina ha tratado de estudiar avaluándolas, sus fuerzas hidráulicas. Los ingenieros Humberto Gamberolt y Francisco A. Mermoz, acaban de presentar al gobierno de su país, después de nueve años de estudios, el informe sobre el resultado de sus trabajos en el Iguazú, en Salto Grande del Uruguay y en el Apipé, en el Alto Paraná.

Estas tres fuentes de energía podrían suministrar a Buenos Aires las potencias máximas siguientes: Iguazú 250.000 kilowats; Salto Grande, 100 000 kilowats y Apipé 415.000 kilowats instantáneos. El Iguazú está a 1.200 kilómetros de Buenos Aires; el Apipé a 1.000 kilómetros y ninguno de los dos resultan, hoy por hoy, económicamente utilizables, porque el precio del kilowathora no estaría en condiciones de competir con el precio que se puede obtener con la super-usina térmica que se está construyendo en la ciudad de Buenos Aires, según las últimas normas de la técnica moderna.

El aprovechamiento del Salto Grande, sería el que se encontraría en mejores condiciones en cuanto al costo de la energía colocada en Buenos Aires, pero ni por la cantidad a obtenerse ni por el precio, conviene, por el momento, realizar obras que alcanzarían a cerca de cien millones de pesos.

Pero, hay otro motivo poderoso para que los argentinos no se apresuren a abordar, por lo menos en forma amplia, el aprovechamiento de estas fuerzas hidráulicas, a pesar de que los ingenieros que hemos mencionado, aconsejan continuar los estudios y la realización de trabajos limitados a atender los intereses regionales y esa razón consiste en que la Argentina es hoy el principal granero del mundo, gran exportador de cereales, y los buques que vienen del continente europeo y de los Estados Uuidos a cargarlos, traen sus bodegas con fletes de carbón. Si la Argentina dejase de ser compradora de carbón al extranjero, esos buques tendrían que venir en lastre, con sus bodegas vacías y los fletes a pagar por cereales tendrían forzosamente que aumentar. El precio del kilowathora de la energía hidroeléctrica, que resulta subido, por lo costoso de las obras hidráulicas y por la distancia del Iguazú, del Apipé y aun del Salto Grande, habría que agregar las cantidades que la producción argentina tendría que pagar por exceso de fletes.

Uruguay

La situación nuestra es completamente distinta. Nosotros cargamos nuestros cereales, nuestras lanas, nuestros cueros en las bodegas de los buques que tienen por puerto terminal el de Buenos Aires, y de retorno no pueden venir repletos, por dificultades de la navegación, y aprovechamos de esta situación, privilegiada para obtener condiciones ventajosas que de otra manera no conseguiríamos.

No contamos con petróleo, no tenemos carbón y somos

relativamente a nuestras fuerzas, consumidores importadores de combustibles que nos vienen en su totalidad del exterior.

De carbón importamos 300.000 toneladas; de fuel oil 18.000; de bencina y de kerosene vamos a llegar, probablemente, a cien millones de litros por año; y esto significc una cantidad de trece a catorce millones de pesos en artículos que desaparecen con el uso, que se convierten en humo.

En estas circunstancias, técnicos nuestros y técnicos extranjeros nos afirman que el Río que atraviesa la República por su centro, nos puede dar en energías el equivalente a 800.000 toneladas de carbón.

El primero en precisar la existencia de una poderosa fuerza de riqueza hidroeléctrica en el Río Negro, fué nuestro notable ingeniero don Víctor Sudriers, cuya ilustración y pericia nadie discute en el país.

Hacía tiempo, desde el año 1913, que el Estado se preocupaba de mejorar las condiciones de la navegación del Río Negro, que sólo es posible en los meses de invierno y que era intransitable durante ocho meses en el año, para los buques aún de más pequeño calado. Con ese fin se llegó a consultar, enviándole los estudios hechos sobre la naturaleza del río, a una notabilidad científica europea, el ingeniero director de la navegación en el Ródano, señor Armand, y una de las soluciones que daba el referido técnico para obtener la navegación continua, tenía como principal base la construcción de una gran represa en el centro del país, que pudiera facilitar la regularidad de las aguas, haciendo posible esa navegación.

Pero la naturaleza costosa de la obra, detuvo, sin duda, el pensamiento de ejecutarla. Ha tenido que suceder con nuestro Río Negro lo que pasa con la historia del propio Ródano. Bernardo Lavegnie nos escribe esa historia. La cuestión del arreglo del Ródano para navegarlo, es tan antigua que se pierde en un pasado nebuloso. Todos los proyectos presentados en distintas épocas fueron

al fracaso porque había dos intereses antagónicos: el de la navegación y el del riego. El de la navegación exigía cantidad y profundidad de agua y el del riego quitaba esas exigencias de la navegación, porque antes del descubrimiento de la electricidad y de los grandes progresos de la técnica industrial, que nos han dotado del alternador y de la turbina, la única manera práctica de regar grandes extensiones de terreno consistía en utilizar la fuerza de la gravedad del agua. Era necesario captar el agua corriente arriba por medio de canales de derivación construidos en pendiente suave para llevarlos hasta el terreno que se pretendía irrigar. Se estaba, pues, enfrente de un dilema doloroso; no se podía regar sin interrumpir o dificultar la navegación; había que optar entre un propósito y el otro; la lucha se entablaba y no se hacía ni una ni otra. La invención de la turbina ha cambiado completamente la faz del problema. Hoy se pueden resolver tres problemas a la vez, sin perjudicarse mutuamente: se puede *obtener fuerza hidroeléctrica, regar y facilitar la navegación*. Así lo ha reconocido el programa de la ley de 1921 en Francia, que autoriza las obras del Ródano para obtener: 1.º, 900.000 kilowats de fuerza eléctrica, equivalente a seis millones de toneladas de carbón por año. 2.º, crear una vía navegable de gran rendimiento para barcos de 1.200 toneladas y 3.º, regar 260.000 hectáreas de terreno. Esta obra grandiosa, de enorme costo, el Gobierno francés se propone realizarla una vez que la situación financiera se lo permita.

En forma más modesta, como corresponde a nuestro país, podemos hacer con el Río Negro las tres cosas a la vez: regularización del Río, haciéndolo navegable en 300 o 400 kilómetros todo el año; obtención de luz y fuerza por medio de una usina hidroeléctrica, instalada al pie de la represa, y riego de una extensa región, por una suma que se ha calculado en siete pesos la hectárea por año, lo que aumentará enormemente nuestra riqueza agrícola.

¿Todo esto es realizable a breve tiempo? Indiscutiblemente, sí. Aparte de la opinión de nuestros técnicos, de indiscutible valor, como lo son el señor ingeniero Sudriers, el actual ninistro de Obras Públicas, ingeniero Benavidez, el ex ministro Alvarez Cortés, entusiasta por la iniciativa, el ingeniero Rodríguez, especializado en estos estudios, el ingeniero Bruno, Director de Hidrografía, podemos hoy valernos de la también autorizada de un insigne especialista, de fama universal, señor Raúl Kalbermatten, consultor del gobierno belga que vino al Río de la Plata contratado por las Compañías de Electricidad Argentinas para hacer el estudio de los saltos del Uruguay y que opinó de la misma manera hace dos años, que los ingenieros argentinos a que he hecho referencia, y que acaban de presentar su dictamen al gobierno de su país.

El señor Kalbermatten, — pesimista en cuanto a la conveniencia de la utilización de los saltos del Uruguay, estudió el Río Negro, y ha presentado a nuestro gobierno sus cálculos y sus razones, adjuntando numerosos planos, en dos volúmenes, que se encuentran en poder del Ministerio de Obras Públicas.

Este técnico, que ha construido obras de la importancia de la que nos ocupa; que ha sido consultado numerosas veces en la ejecución de otras instalaciones también de importancia, se manifiesta decidido partidario de que el país realice cuanto antes la electrificación del Río Negro, y cree que haciendo una represa de 25 metros, a la altura del paraje conocido con el nombre de Isla González, se puede llegar a obtener 60.000 kilowats instantáneos o sea el equivalente de quinientos milones de kilowathora al año en el tablero de Montevideo, y propone la construcción de la obra en cinco etapas, siendo el costo de la obra completa en la quinta etapa de pesos 20:700.000 y el precio del kilowat de 7 milésimos. Pero como hay conveniencia en mantener en estado de funcionamiento la usina térmica, calcula el costo del kilowathora, que llama mixto, por esa circunstancia, en la quinta etapa, en un centésimo y un milésimo.

La usina térmica que actualmente funciona en Montevideo, tiene una capacidad productora de un poco más de cien millones de kilowathora al año, y ya llega al límite el cosumo de la capacidad de esa usina, y el costo del kilowathora es alrededor de dos centésimos, cobrándosele al público doce centésimos por la iluminación y de tres a cinco centésimos por la fuerza, según la cantidad del consumo.

Quiero esto decir que valiéndonos de la opinión técnica, tan autorizada como la que acabamos de mencionar, se puede afirmar que obtendremos energía de nuestro río, con la primera instalación a hacerse, cinco veces mayor que el actual consumo de Montevideo en iluminación y en fuerza y a mitad de costo casi; y digo con la primera instalación, porque entre el punto que se piensa construir la represa de 25 metros y el bajo Río Negro, a la altura del Cololó, hay una diferencia de nivel de 66 metros, que se puede aprovechar en obras del porvenir, construyendo nuevas estaciones de energía, snsceptibles de multiplicar estos halagüeños resultados, en cantidades suficientes para subvenir a las necesidades del país durante algunos siglos de su existencia.

La obra aparece calculada en 20:700.000 pesos cuando se llegue a la quinta etapa; pero en realidad esa suma no saldrá totalmente del país, porque se puede determinar que la mitad quedará en manos de los jornaleros y de los proveedores que se empleen en la construcción, en gastos de movimientos de tierras, en extracción de piedra y en pago de portland, que no necesitará importarse. La otra mitad será necesario amortizarla, tarea mucho más fácil y rápida que la de ser contribuyente del exterior, como lo somos en la actualidad, por una suma mayor que debemos desembolsar año por año en pago de carbón, de fuel oil, de bencina y de kerosene.

La bencina será sustituída en parte por la energía eléctrica. Los Estados Unidos que son productores de nafta,

que la pueden obtener a bajo precio, ven resurgir hoy el motor eléctrico, contándose en número de 250.000 vehículos a electricidad. El camión o el automóvil eléctrico tiene la ventaja sobre el que se mueve a base de nafta, de ser de más sencillo manejo y de mayor duración, y con el kilowathora a un centésimo más o menos, cargándose las baterías en los momentos en que las usinas no atienden al concurso de la iluminación, fácil es el triunfo de esas máquinas.

Ahora preguntamos: ¿cómo una idea que tiene tan trascendentales consecuencias en la economía nacional, ha podido ser detenida en el Parlamento, hace dos años, sin qne la ley que pide fondos para llevarla adelante, se sepa todavía cuando va a ser sancionada? Es una cuestión política la que lo detiene? Creo sinceramente que no, porque el proyecto pasó por unanimidad en el Consejo. Es una divergencia de procedimientos que debieron resolverse en 24 horas, lo que está deteniendo este asunto.

Yo sostuve en el seno del Consejo Nacional, que con el anteproyecto, bastante completo, presentado por el ingeniero Kalbermatten, se debía ir de inmediato a la licitación de la obra, pidiendo a cinco o seis de las principales casas que hubieran construído en otros países obras de esa naturaleza, que presentarán proyectos definitivos con el estudio previo de sus propios ingenieros y que el gobierno, debidamente asesorado, eligiera el mejor de esos proyectos definitivos, que garantizara la solidez de la obra y el precio del kilowat en el tablero de Montevideo, y lo hiciera ejecutar. El ex Ministro de Obras Públicas sostuvo otra tesis, la que antes de procederse a ese llpmado, convenía que el gobierno tuviera un proyecto definitivo que se presentaría como base de la licitación.

Triunfó el Ministro en su criterio, y el Consejo Nacional encargó al ingeniero Kalbermatten, la redacción del

proyecto definitivo, mandando el contrato ad-referendum a la Asamblea.

En la Cámara de Diputados, las opiniones de los miembros de la Comisión informante no han podido ponerse de acuerdo sobre cual de las dos soluciones es la mejor, aunque parece predominar la que por mi parte proponía, del llamado inmediato a las casas constructoras para que intervengan, presentando, previos los estudios complementarios que quisieran hacer, sus planos definitivos.

Explica también la demora, las críticas de los ingenieros nacionales, que se veían injustamente excluídos en el contrato ad-referendum al dictamen preliminar del señor Kalbermatten.

Esas críticas a un anteproyecto, las conozco todas por que he leído las actas de la comisión en que fueron formuladas, y en realidad ninguna de ellas tiene razón de ser en el momento actual. Son inoportunas, porque no es ahora que se debe resolver si la represa tendrá 25 metros como la proponía un técnico extranjero, o si será de mayor altura, como cree que conviene construirla, el ingeniero Sudriers. Esta es una cuestión a resolverse en los proyectos definitivos, como también es allí que debe determinarse si desde el primer momento conviene electrificar el río más abajo de la represa y si basta instalar una sola usina llamada de superfuerza. No es el momento de decidir tampoco si los vertederos deben ser compuertas o vertederos libres, desde que ambos sistemas tienen sus partidarios en el dominio de la técnica y es un punto a resolverse por las casas licitadoras en sus planos definitivos. Nada diré para quitar importancia a otras críticas, que solamente repercutirían en uno, dos o tres milésimos en el precio del kilowat, porque aunque fueran exactas, todos estaríamos conformes en llevar adelante la obra lo más pronto posible.

Quiero sostener, sí, con toda la fuerza de mi espíritu, que deseo el engrandecimiento nacional, que estas cuestiones exigen la serenidad de criterio y que se levante

bien alto la visual; que los sentimientos de amor propio deben dejarse de lado en holocausto a los grandes intereses colectivos.

Debo decir que en una democracia socializante, como es la nuestra, hay que gastar cada vez más, para hacer gobierno libre representativo y atento a corregir los males sociales.

Hace 30 años gastábamos en instrucción pública, 600.000 pesos; hoy gastamos $ 9:000.000. Hace 30 años gastábamos en asistencia $ 600.000, que manejaba la Comisión de Caridad, integrada por ciudadanos filántropos, que poco podían hacer con pequeños recursos y con solo un hospital —el viejo Hospital Maciel; — hoy tenemos hospitales por doquiera y múltiples institutos que atienden a los necesitados, que son cada vez más numerosos, ese rubro, que llega a ocho millones, tiende a subir sin cesar.

En otras leyes de previsión social, invertimos varios millones más, y el país, que no puede detenerse en el progreso y en sus obras benéficas, es gravado con exceso en sus recursos, en sus energías de trabajo, y se resiste, con razón, a nuevas gabelas.

De esta Universidad salen por año, centenares de profesionales, destinados a constituir una nueva clase de proletario, si el país no se puebla rápidamente; si el país no forma nuevas industrias, riquezas para dar trabajo a sus mejores hijos que buscan la enseñanza de los maestros en estos cláustros, para mejor servir a la patria, en el ejercicio de nobles profesiones.

Si hay una gran obra pública que está destinada a crear nuevas riquezas; a hacer surgir fábricas de industrias promisoras; a poblar nuestro territorio, es ésta, que tiene su relación con la luz y con la fuerza.

A realizarla, pues, deben tender nuestras aspiraciones, y ha hecho bien la Asociación Patriótica del Uruguay en ofrecerme esta tribuna para decir estas cosas que hace tiempo deseaba expresarlas como simple ciudadano, después de haberlas expuesto cien veces como consejero nacional.

Y en estos asuntos no debemos ser exclusivistas. La electrificación del Río Negro no significa que de inmediato no debemos olvidar también la electrificación del Queguay y otras obras interesantes de carácter regional. La del Queguay, es importantísima desde que va a mejorar las condiciones de vida de un departamento tan rico, tan fértil como es el departamento de Paysandú.

Se puede calcular que utilizando el salto del Queguay, exclusivamente, se podrán obtener unos cuatro millones de kilowathora por año, pero si se utiliza el caudal del río con la construcción de una represa, de modestas dimensiones, podría multiplicarse por tres esa energía, cuyo precio sería no mayor de un centésimo y todo ésto con construcciones a 25 kilómetros de la ciudad de Paysandú, cuyo amplio puerto se está construyendo.

La energía a producirse podría aplicarse desde luego para luz y fuerza de la ciudad; para una gran fábrica de portland, porque sobre el Queguay abundan los yacimientos de cal y para otra fábrica de carburo de calcio, que tanto se emplea hoy en la industria, y para riego de una extensa zona agrícola, tal vez y sin tal vez, la mejor de la República.

Con la alta visión del porvenir, hagamos todos propaganda para la pronta realización de estas obras, que son fundamentales en la conquista de la libertad económica, que debemos desear alcanzarla con el mismo entusiasmo que inspiró el heroismo de nuestros mayores, en las luchas por la independencia y por la libertad política.

ENSAYO DE MATERIALES

POR EL

ING. VICENTE I. GARCÍA

PRÓLOGO

El curso de Ensayo Mecánico de Materiales que tengo el honor de profesar en la Facultad de Ingeniería y Ramas Anexas debe ser esencialmente experimental.

Uno de los fines que determinaron la creación del Instituto de Ensayo de Materiales fué, en efecto, el de « ofrecer los medios para realizar un curso práctico de Ensayo de Materiales ».

Corresponde, en consecuencia, que los alumnos dediquen la mayor parte del tiempo destinado a esta materia a trabajar intensamente en los laboratorios del Instituto, haciendo bajo la inmediata dirección, vigilancia y contralor del profesor el mayor número de experiencias y aún de investigaciones personales.

Al escribir este libro, que pudiera denominar: « Introducción al curso de Ensayo Mecánico de Materiales », sólo me he propuesto reunir en forma sintética los principios de carácter general que debe conocer el estudiante para iniciarse, en el trabajo de laboratorio.

La verdadera tarea, tanto del profesor como de los alumnos debe desarrollarse durante la ejecución de las experiencias, ensayos o investigaciones. Es entonces, frente a la realidad, cuando se deberá examinar detalladamente las máquinas e instrumentos empleados, discutir las teorías e hipótesis

aplicables en cada caso, analizar los factores que influyen en los resultados y deducir todas aquellas conclusiones cuya aplicación sea de interés.

Por otra parte, el alumno no debe limitarse a efectuar un número más o menos grande de trabajos prácticos. No; su intervención tiene que ser mucho más activa. Es indispensable que durante las experiencias anote todos los datos precisos para redactar luego una tesis o memoria descriptiva del proceso completo de cada uno de los ensayos.

Se propende así a desarrollar el espíritu de observación, estimulando el afán por la investigación científica.

Tales han sido las ideas que me han movido a escribir este trabajo. Creo que ha de facilitar la tarea del alumno, sin incurrir en el peligro de alejarlo de las fuentes originales a las que tendrá que recurrir necesariamente, cada vez que deba profundizar el estudio de un tema particular.

El Autor.

BIBLIOGRAFÍA

E. Candlot. — Essais des chaux, ciments et mortiers.

Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction — Sessions 1895 et 1900.

Congrès International des Méthodes d' essai des matériaux de construction. — Communications présentées devant le Congrès tenu à Paris du 9 au 16 Juillet 1900.

Marvá y Mayer.— Mecánica aplicada a las construcciones, 1902.

Hiorns. — Métallographie, 1903.

A. Martens. — Traité des essais des matériaux destinés à la construction des machines, 1904.

E. Candot. — Ciments et chaux hidrauliques, 1905.

J. Malette. — Chimie et physique appliquées aux travaux publics, 1906.

Association Internationale pour l' essai des matériaux. — Congrès tenu à Bruxelles, 1906; à Copenhague, 1909; à New York, 1912; à Amsterdam 1927.

Panetti. — Prove dei metalli, 1907.

Revere. — Le prove dei materiali da costruzione, 1900.

R. Booth. — Ensayo de los cementos y las cales, 1912.

Leduc et Chenu. — Chaux, ciments, platres, 1912.

Leduc et Chenu. — Matériaux de gros oeuvre, 1913.

Charpy.— Conditions et essais de réception des métaux. 1917.

Prever. — La prova di Brinell quale metodo ausiliare nel Collaudo dei materiale da costruzione, 1919.

Poutrain, André, Goblet. — Constructions civiles et essais des matériaux, 1920.

Morley. — Resistencia de materiales, 1921.

Lana Sarrate. — Metalografía, 1926.

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1. Definiciones. — La rama de la mecánica aplicada que se denomina: «Teoría de la resistencia de los materiales» tiene por principal objeto, calcular las dimensiones que debe darse a cada una de las partes de una construcción o máquina, sometida a la acción de fuerzas exteriores conocidas, para que el trabajo elástico no exceda en ningún punto, de ciertos límites establecidos de antemano, en vista de las propiedades particulares de los materiales utilizados.

Esta ciencia es, por consiguiente, en parte racional y en parte experimental.

El estudio experimental de los materiales de construcción, objeto principal de este Curso, comprende la investigación de las propiedades físicas, mecánicas, tecnológicas y químicas de cada material, para hacer posible la resolución de las siguientes cuestiones:

a) Determinación de los coeficientes de seguridad aplicables en la práctica para que los esfuerzos interiores, desarrollados bajo la acción de las cargas fijas o accidentales, estáticas o dinámicas, no comprometan en ningún caso, la resistencia o la estabilidad de las obras en que sean empleados.

b) Determinación de los procedimientos destinados a verificar de manera económica, rápida y segura si satisfacen las condiciones en que tengan que ser utilizados, es decir, la forma en que haya de procederse a su recepción o rechazo.

2. El ensayo de los materiales. — El ensayo de los materiales puede hacerse con fines científicos o con fines simplemente prácticos.

En el primer caso es indispensable *obtener dentro de las condiciones en que se ejecuten los ensayos, el mayor grado de exactitud que sea posible.* (IV Congreso de la Asociación Internacional para el ensayo de los materiales, reunido en Bruxelas del 3 al 6 de Setiembre de 1906).

Los aparatos e instrumentos que se usen en esta clase de ensayos, deben ser de gran precisión. El operador, por su parte, tiene que proceder con el mayor cuidado, para que los resultados que obtenga no se hallen afectados por errores, que desvirtuarían el carácter del ensayo.

Los ensayos con fines prácticos, llamados generalmente «ensayos corrientes» deben ajustarse a otras condiciones. Tienen que ser de ejecución fácil, rápida, económica y en lo posible independiente de la habilidad del operador, como medio de que puedan efectuarse con tanta frecuencia como sea necesario, empleando al efecto, el trabajo del mayor número de operadores.

En los ensayos corrientes y en lo que a la precisión de las máquinas y a la indicación de los resultados se refiere, debe mantenerse dentro de los límites compatibles con los defectos e imperfecciones inherentes a los materiales de que se trate.

En general, se considera suficiente una aproximación del uno al dos por ciento. Es de conveniencia, que en la memoria descriptiva o nota de cada ensayo se haga constar en la forma más completa que sea posible, los aparatos empleados y los métodos seguidos para permitir la comparación de los resultados y la apreciación de su valor, es decir, su grado de precisión.

Tambien deberá agregarse a los resultados de los ensayos indicaciones completas sobre la naturaleza de los materiales, sobre su procedencia o fabricación y sobre el tratamiento del ejemplar preparado para el ensayo. Es necesario además indicar las propiedades mecánicas, físicas, microscópicas o químicas. (Congreso de Bruxelas 1906).

3. **Ensayos físicos.** — Los ensayos físicos tienen por objeto determinar ciertas propiedades que acompañan a los materiales, sea cual fuere la forma en que se les use en la práctica.

Si bien, en la construcción, el conocimiento de estas propie-

dades no tiene siempre el carácter fundamental de las propiedades mecánicas y tecnológicas, hay no obstante casos en que es menester determinar exactamente su valor.

Las propiedades físicas, cuyo conocimiento interesa principalmente son las siguientes: peso específico, densidad aparente, porosidad, composición granulométrica, permeabilidad, higroscopicidad, dureza, etc.

4. Ensayos mecánicos. — Esta clase de ensayos tiene por fin, la determinación de la resistencia que oponen los materiales a la acción de las fuerzas exteriores y la medida de las deformaciones experimentadas por los mismos a consecuencia de la acción de dichas fuerzas.

Las fuerzas exteriores pueden desarrollar esfuerzos de distinta naturaleza. Los ensayos correspondientes variarán pues, según sea la manera como deba trabajar el material. Se clasifican en ensayos de resistencia a la compresión, a la tracción, a la torsión, a la flexión, etc.

Los materiales deben ensayarse en primer término según la naturaleza de los esfuerzos a que se encontrarán sometidos en su aplicación. (C. de B. 1906)

5. Ensayos tecnológicos. — Para que un material pueda ser utilizado sin inconvenientes, es preciso que posea una serie de propiedades que le permitan recibir las formas requeridas por las distintas partes de una construcción o de una máquina.

A esta serie de propiedades se les denomina propiedades tecnológicas y a los ensayos que se ejecutan para determinarlas, el de ensayos tecnológicos.

Entre dichas propiedades puede incluirse las siguientes: elasticidad, tenacidad, fragilidad, maleabilidad, fusibilidad, adherencia, dureza, etc.

Las operaciones necesarias, para poner a los materiales en estado de ser empleados, pueden dividirse en los cuatro grupos que se enumeran a continuación:

a) *Por separación*, es decir, división en varias partes de una masa única. La operación puede hacerse con cuñas, tijeras, sierras, máquinas de perforar, etc.

b) *Por transformación* de la masa sin separación. Los procedimientos correspondientes son los relativos al uso de laminadores, el forjado, el moldeado, la fundición.

c) *Por combinación* o sea reunión de dos o más partes de un mismo o de distintos materiales. Se refiere a las soldaduras de cualquier clase que sean, al empleo de materias adherentes como los cementos, mastics, colas, etc.

d) *Por agregación* o sea cuando es indispensable agregar un cuerpo que se elimina después de efectuada la operación deseada. Es lo que ocurre en el moldeo de arcillas con el agregado del agua, que desaparece luego por evaporación.

6. Ensayos químicos. — El conocimiento de la composición química de los materiales de construcción presenta en muchos casos un gran interés.

Es conocida la influencia, que el aumento o la disminuición de ciertos componentes de un cuerpo ejerce en todas sus propiedades físicas, mecánicas o tecnológicas. Como ejemplo evidente, puede citarse el grupo hierro-carbono en el que pequeñas variaciones en las proporciones de los componentes da por resultado la obtención de materiales con propiedades completamente distintas.

Entre los ensayos químicos están incluídos también los que tienden a determinar la resistencia a la acción de los ácidos de la humedad, del vapor de agua, etc.

7. Importancia del ensayo de los materiales. — Es indiscutible la importancia que, para el ingeniero, sea cual fuere la especialidad a que se dedique, tiene el más completo conocimiento de las propiedades de los materiales de construcción y de las teorías, procedimientos o métodos seguidos para el ensayo de los mismos.

Ya sea actuando como funcionario, al establecer las condiciones y forma en que ha de procederse a la recepción o al rechazo de los materiales y al redactar los pliegos de condiciones respectivos; ya sea como empresario, como industrial o como asesor de éstos estudiando los medios de fabrica-

ción mas ventajosos para obtener dentro de un mínimo de costo los materiales de mejor calidad; ya sea como proyectista, disponiendo las distintas partes de una obra, en forma que permitan utilizar con el máximo aprovechamiento los materiales de que pueda disponerse en cada localidad dentro de las condiciones más favorables; ya sea como perito o árbitro teniendo que resolver conflictos entre el productor y el consumidor, determinando la mejor forma de solucionar las cuestiones. mediante la ejecución de experiencias o de ensayos que permitan dilucidar claramente el punto sometido a su fallo.

En resumen: no habrá situación alguna ocupada por un ingeniero — durante su vida profesional —, que no le ponga frente a problemas para cuya resolución le será indispensable conocer los procedimientos adoptados para el ensayo de los materiales y los resultados obtenidos en las experiencias que efectúan constantemente los laboratorios.

Por las mismas razones, es imprescindible también, que algunos ingenieros se dediquen exclusivamente al ensayo de los materiales, especializándose así, en esta rama de la ingeniería que ha alcanzado hoy un extraordinario desarrollo.

A este respecto, nada más interesante que citar la opinión del eminente técnico norteamericano, iniciador de esta clase de estudios en América, Carlos B. Dudley, fallecido el 21 de Diciembre de 1909, después de haberse dedicado con una actividad realmente fecunda, durante los últimos treinta y cuatro años de su vida, al ensayo de los materiales, y a raiz de haber sido electo por unanimidad de votos, en el Congreso realizado en Copenhague, para presidir la Asociación Internacional de Ensayo de Materiales y por consiguiente el Congreso de Nueva York, distinción que significaba el digno coronamiento de una vida consagrada por entero al ensayo de los materiales.

Dudley manifestaba, en un notable discurso sobre el «Ingeniero especialista en ensayos» (1905) que estos técnicos deben ser tenidos como un «factor nuevo en la vida técnica y comercial y que a ellos les estará reservado siempre un papel

prominente en el desarrollo de la civilización». A estos ingenieros especialistas corresponden funciones distintas según sea el fin perseguido en sus trabajos. Se puede distinguir asi: los investigadores los asesores y los árbitros. El investigador es el hombre de ciencia independiente, el experimentador libremente dedicado al descubrimiento de la verdad, el ingeniero asesor es el técnico que actúa al lado del productor y en salvaguarda de sus intereses. El ingeniero árbitro está al servicio del consumidor, vela por la ejecución rigurosa de los contratos con el productor, o lo que es igual por el fiel cumplimiento de los pliegos de condiciones.

«El más amplio campo de operaciones corresponde al ingeniero árbitro que tiene, principalmente, la posibilidad de estudiar el comportamiento de los materiales *en servicio*, vale decir, teniendo en cuenta su destino ulterior, y a quien el hecho de encontrarse tan cerca como es posible de la realidad, le permite abordar en las más favorables condiciones, una larga serie de problemas».

8. **Unificación de los métodos de ensayo.** — Reconocida la imperiosa necesidad de instituir con carácter permanente, el servicio de ensayo de materiales, creando al efecto en todos los países, Institutos y Laboratorios dedicados especialmente a esa tarea, se planteó también el problema de conseguir que sean de inmediato, comparables entre sí los resultados obtenidos, no importa en que laboratorio ni por que observador.

Era necesario, para ello, fijar en forma clara, concisa y que no diera lugar a dudas ni vacilaciones de especie alguna, las normas a que debían ajustarse estrictamente todos los experimentadores. Sólo así, podría establecerse comparaciones exactas entre los resultados obtenidos en laboratorios distintos, y aún dentro de un mismo laboratorio por operadores diferentes.

La primera iniciativa, a este respecto, fué tomada por Bauschinger quien consiguió reunir a los técnicos más competentes en la materia, en cuatro conferencias sucesivas que se realizaron en Mónaco (1884), en Dresde (1886), en Berlin (1890) y en Viena (1893). En estas conferencias se llegó a acordar una serie de conclusiones, que fueron oportunamente publicadas.

En 1895, se fundó por indicación del profesor Tetmajer, con el fin de continuar los trabajos brillantemente comenzados por Bauschinger, la «Asociación Internacional para el ensayo de los materiales». La primer presidencia de la Asociación fué confiada a Tetmajer.

Patrocinados por la misma Asociación se realizaron Congresos en Zurich (1895), en Stokolmo (1897), en Budapest (1901), en Bruxelas (1906), en Copenhague (1909), en Nueva York (1912).

El VII Congreso debió reunirse en 1915, en Petrogrado, pero tuvo que ser suspendido a causa de la guerra europea. En Setiembre de 1927 se reunió en Amsterdam un Congreso Internacional en el que después de una amplia discusión se acordó dejar constituida la «Nueva Asociación Internacional para el ensayo de los materiales» la cual organizará periodicamente Congresos, debiendo reunirse el próximo en Zurich el año 1931.

Al mismo tiempo que la Asociación Internacional, desarrollando una acción ordenada, intensa y eficaz llegó a resultados concretos y definitivos, constituidos por una larga serie de métodos y procedimientos de ensayo, aceptados hoy casi universalmente, se constituía en muchos países, «Asociaciones de ensayo de materiales» que de acuerdo con la Asociación Internacional, en unos casos e independientemente en otros, contribuían también al adelanto de esta materia.

Así por ejemplo, en París se reunió en 1900, presidido por Picard y bajo los auspicios de la Asociación Francesa, un Congreso de Ensayo de Materiales que votó algunas conclusiones de mucha importancia.

En Italia está constituida desde hace muchos años la «Associazione Italiana per gli studi dei materiali da costruzione», en los Estados Unidos de Norte América, la «American Society for Testing Materials», en Inglaterra la «British Engineering Standards Association», en Francia la «Commission des Methodes d' Essai», etc.

Merece ser citado especialmente, el Congreso celebrado en Bruxelas en 1906, por las conclusiones que votó fijando en for-

ma definitiva muchas normas de ensayo. Su Comité Director al publicar el informe, dando cuenta de la labor realizada, se expresó en los siguientes términos: «El presente trabajo es el primer fruto de esta íntima colaboración internacional llevada a cabo conforme al pensamiento de sus fundadores. Los métodos recomendados aquí, han sido casi totalmente elaborados por Comisiones Internacionales; son presentados como el resultado de un acuerdo, después de una libre discusión entre los especialistas más distinguidos, sobre la elección de los procedimientos considerados en la actualidad como los mejores y más generalmente aceptados».

«Este resultado es mucho más interesante, si se tiene presente que la Asociación no se ha reducido a tratar la unificación de los métodos de ensayo, sino que se ha impuesto también como tarea, la de mejorar los métodos y las investigaciones sobre los materiales. Notables trabajos se han publicado, en este orden de ideas, durante los últimos años.»

Hemos creído útil incluir, textualmente en este libro, las principales conclusiones votadas tanto en el Congreso de Bruxelas como en los otros citados, con indicación expresa de su procedencia en todos los casos.

Consideramos esta transcripción muy conveniente, porque al dar a conocer el origen de cada norma de ensayo, indicará también el medio de ampliar su estudio con el examen de los antecedentes o de las discusiones habidas al respecto.

CAPÍTULO II

ELECCION Y PREPARACION DE LOS EJEMPLARES

9. **Consideraciones generales.** — La manera de proceder en cuanto se relaciona con la elección de las muestras y con la preparación de los ejemplares que deban ser ensayados, tiene una gran importancia.

Es menester que las muestras permitan juzgar fundadamente sobre la calidad de toda la partida de materiales cuya recep-

ción o rechazo deba resolverse. Para ello hay que asegurarse, por los medios más eficaces a que se pueda recurrir, de que las muestras tomadas responden, dentro de lo posible, al promedio general de todos los materiales de la partida.

Es indispensable también que al preparar los ejemplares, para ponerlos en condiciones de ser sometidos a los ensayos, no se haga sufrir a la materia ningún esfuerzo o trabajo que pueda traer como consecuencia la variación de alguna de sus propiedades, pues ello haría incurrir en errores en perjuicio del proveedor de los materiales o de la seguridad y resistencia de la obra a que sean destinados.

Por consiguiente, hay gran conveniencia en que tanto la persona que tenga a su cargo la recepción de los materiales, como la que deba extraer las muestras y preparar los ejemplares, ajusten sus actos a normas fijas e invariables establecidas de antemano teniendo en cuenta lo indicado antes.

Nos proponemos, en el presente capítulo, citar los procedimientos generalmente adoptados para los materiales de construcción más empleados.

10. Aglomerantes. — Al tratar lo relativo a estos materiales vamos a referirnos especialmente al cemento portland, por ser el material más usado y cuyo empleo ha sido más rigurosamente reglamentado. Las prescripciones que rigen para este producto pueden en general, ser aplicadas sin inconveniente a los otros aglomerantes.

Entre nosotros rige al respecto un Decreto del Ministerio de Obras Públicas, de fecha 12 de Marzo de 1929 que establece en su artículo 1.º: «No se admitirá en la ejecución de obras «públicas el empleo de ninguna partida de cemento portland «que no haya obtenido previamente su aprobación de acuerdo «con las prescripciones del presente Decreto.

«Para obtener esa aprobación los fabricantes, vendedores o «empresarios de obras deberán presentar a las oficinas corres- «dientes de este Ministerio, los certificados de los ensayos físi- «cos, mecánicos y químicos efectuados por el Instituto de En- «sayo de Materiales.

«Todo Cemento Portland que no se ajuste estrictamente a

« lo que establece el artículo 7.º de este Decreto será recha-
« zado sin más trámite.

El artículo 2.º se refiere a la clase y forma de los envases y el 3.º dice así: « Las muestras necesarias para los ensayos « serán tomadas por un empleado dependiente del Instituto de « Ensayo de Materiales y estarán constituidas por porciones « aproximadamente iguales, sacadas de diez diferentes partes « del montón o montones de cemento cuando este se presente « suelto o de diez diferentes bolsas. barricas u otros envases « cuando sea propuesto en esa forma.

« Si el número de barricas, bolsas, etc, fuese inferior a diez « se tomará una muestra de cada una. Se hará la elección de « muestras con el mayor cuidado a fin de que se obtenga una « muestra media lo más exacta posible del cemento presenta- « do. Las muestras se conservarán hasta el momento del en- « sayo en frascos hermeticamente cerrados.

El artículo 4.º establece la forma en que podrá efectuarse el contralor permanente de las fábricas instaladas en el país. Dice: « Cuando se trate de cementos de fabricación nacional, «los fabricantes podrán solicitar que el Instituto de Ensayo « de Materiales ejerza el contralor permanente de la produc- « ción.

« A este efecto deberá efectuarse un ensayo mensual como « mínimo.

« Las muestras correspondientes serán tomadas en la fábrica « por un empleado del Instituto teniendo en cuenta lo que pres- « cribe el artículo ànterior.

« Las fábricas que obtengan este contralor permanente, que- « darán eximidas de presentar certificados cada vez que de- « ban hacer un suministro de cemento, si los resultados de los « ensayos mensuales son constantemente satisfactorios.

« No obstante, aún en este caso la Administración se reserva « el derecho de hacer efectuar por el Instituto de Ensayo de « Materiales, ensayos de comprobación sobre muestras sacadas « de las partidas que le sean entregadas. Si los resultados de « estos ensayos no fueran satisfactorios, se rechazará de in- « mediato toda la partida o partidas de que se trate.

Como se ve, de acuerdo con el Decreto citado, no podrá proponerse para ser empleada en la ejecución de una obra pública ninguna partida de cemento portland, sea cual fuere su marca, si previamente los fabricantes, vendedores o empresarios de obras no hacen efectuar por el Instituto, los ensayos correspondientes para verificar si el producto se ajusta a las prescripciones contenidas en el artículo 7.º del mismo Decreto. Este artículo se refiere a las propiedades que debe reunir el cemento para que sea considerado como de buena calidad.

Si los resultados de los ensayos efectuados fueran satisfactorios podrá aceptarse las partidas propuestas, mediante la presentación de los certificados respectivos a la Oficina que en cada caso corresponda. Esta, a su vez, queda facultada para solicitar del Instituto que se ejecute ensayos de comprobación.

En lo que se refiere al portland de fabricación nacional se ha previsto, con el objeto de abreviar términos, que el Instituto de Ensayo de Materiales pueda ejercer en forma directa y con carácter permanente el contralor de las fábricas. De esta manera se evita tener que ensayar cada partida, siempre que se hubiera comprobado que el producto satisface constantemente las exigencias del Decreto.

La fórmula que se ha adoptado consiste pues en obligar a que se verifique la calidad del cemento, partida por partida excepto en el caso de los cementos fabricados en el país. Queda por consiguiente relegado a un plano completamente secundario todo lo que se refiere a la marca del material.

Este es, sin duda alguna, el medio más eficaz para impedir que se emplee material que no reuna todas las condiciones requeridas. No siempre la marca de un cemento constituye por sí sola una garantía suficiente de constancia en las propiedades físicas, mecánicas y químicas del producto.

En la República Argentina, se ha reglamentado lo relativo al cemento portland por un Decreto del Gobierno Nacional, fecha 26 de Febrero de 1914. Ese Decreto establece la forma en que se procederá a admitir el cemento portland destinado a las obras públicas.

Al efecto prescribe que: «Las muestras necesarias para «efectuar los ensayos a que ha de sujetarse cada partida de «cemento serán suministradas libres de costo y se tomarán «en la proporción de cinco por cada partida o en una «proporción mayor si el Director de la obra lo creyera ne «cesario. El cemento se extraerá tomando las precauciones «necesarias para que la muestra tomada corresponda al con- «junto del contenido de la barrica o bolsa y no a cierta parte «de la misma. Las muestras serán ensayadas por separado en «lo que se refiere a las pruebas físicas y mecánicas, y en «conjunto para la determinación de la composición química, «salvo casos especiales. Las muestras deben conservarse hasta «el momento del ensayo en frascos herméticamente cerrados.

«Las muestras extraídas serán sometidas a los ensayos ne- «cesarios para comprobar si satisfacen a las condiciones es- «pecificadas en este pliego. Cuando las tres quintas partes «de las muestras no satisfagan a todas esas condiciones la «partida será considerada sospechosa, en cuyo caso se verifi- «carán nuevos ensayos con otras muestras. Si el nuevo resul- «tado obtenido fuese el mismo se rechazará toda la partida.

«Sólo se concederá la aprobación provisional a una marca «de cemento, cuando en diez ensayos y análisis químicos con- «secutivos de muestras tomadas de otros tantos diferentes «cargamentos o partidas se haya comprobado que el cemento «satisface a todas las condiciones de este pliego.

«Para la aprobación definitiva se requerirá una segunda «serie de diez ensayos en las mismas condiciones. Si después «de algunos ensayos y análisis con buen resultado, viniese «uno inaceptable, se deberá recomenzar la serie correspon- «diente.

«Los agentes de marcas aprobadas definitiva o condicional- «mente o cuya aprobación se haya solicitado, tienen el deber «de dar aviso anticipado a la oficina que corresponda de la «llegada de todo cargamento de ese material que introduzcan «al país y el de facilitar la extracción por parte de los em- «pleados de aquélla, so pena de retirar la aprobación cuando «la tenga o de anular los ensayos hechos ya, si se tratase de «una marca de estudio.

«Cuando el resultado de los análisis y ensayos mecánicos «de muestras tomadas en tres diferentes cargamentos conse- «cutivos sea desfavorable quedará anulada la aprobación de- «finitiva o condicional que se haya acordado antes.

«De cada partida de cemento que haya de emplearse en «obras nacionales, aun cuando tenga aprobación provisional «o definitiva, el Director de la obra hará practicar los ensa- «yos y análisis químicos para establecer si aquel material «satisface o no las condiciones requeridas».

En los Estados Unidos de Norte América se aplican unas normas formuladas después de varios años de estudio por una Comisión en la que estaban representados el Gobierno, la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, y la Sociedad Americana de Ensayo de Materiales.

Estas normas entraron en vigencia el 1.º de Enero de 1917. En lo que se refiere a la elección de muestras, se prescribe lo siguiente:

«Para los ensayos podrán emplearse muestras simples o «muestras mezcladas según se pida. Ninguna muestra de en- «sayo pesará menos de kgs. 3.63.

«*Muestras simples.*— Si las muestras de ensayo se sacan de «vagones cargados se tomará una por cada partida de cin- «cuenta barricas o menos. Si se sacan de los arcones de de- «pósito, se tomará una por cada cien barricas.

«*Muestras mezcladas.*— Si las muestras de ensayo se sacan «de vagones cargados, se sacará una de un saco por cada «cuarenta sacos o de una barrica en cada diez barricas; las «muestras así obtenidas se mezclarán para formar una mues- «tra mezclada. Si se saca de los arcones o almacenes, cada «muestra representará cuando más doscientas barricas.

«*Manera de escoger las muestras.*— Las muestras podrán es- «cogerse en la fábrica de cualquiera de las maneras siguien- «tes que se exija y sea factible:

«*a)* tomándolas del conducto que lleva el cemento a los «arcones. Se tomará por lo menos kgs. 3.63 de cemento «por cada cien barricas aproximadamente que pasen «por el conducto.

« *b)* tomándolas de los arcones por medio de tubos apro-
« piados. Los tubos podrán introducirse verticalmente « para sacar muestras hasta una profundidad de me- « tros 3.05. Si la construcción del arcón lo permitiera « los tubos podrán introducirse horizontalmente. Las « muestras se sacarán de puntos distribuídos poco más « o menos uniformemente en el arcón.

« *c)* tomándolas de las aberturas por donde se vacían los « arcones. Se sacará por estas aberturas cemento sufi- « ciente para obtener muestras que representen el ca- « rácter general del cemento del arcón y a este fin se « colocarán indicadores en la superficie del cememto, « exactamente arriba de cada abertura, antes de sacar « las muestras y se sacará cemento hasta que dichos « indicadores aparezcan en las aberturas respectivas.

« *Tratamiento de las muestras.* — Será preferible que las « muestras se guarden y se envíen en receptáculos a prueba « de aire. Las muestras se harán pasar por un cedazo que « tenga 79 mallas por centímetro lineal a fin de mezclarlas « bien, de desmenuzar los terrones y eliminar las materias « extrañas ».

En Inglaterra rigen unas especificaciones redactadas por la Asociación Inglesa de Ensayo de Materiales que, después de varias modificaciones sucesivas fueron definitivamente adoptadas con fecha 18 de Marzo de 1915. No obstante en Octubre de 1925 se hicieron modificaciones tendientes a hacer más severas sus exigencias.

Con referencia a la elección de muestras prescribe lo siguiente: « La muestra o muestras de ensayo podrán ser escogidas, bien por el comprador o su representante, bien por la « persona encargada de la dirección de las obras a que se « destina el cemento, o su representante, o bien por el analiza- « dor empleado o facultado por los antes citados escogedores « o sus representantes.

« Cada muestra de ensayo se compondrá de porciones apro- « ximadamente iguales, escogidas de doce diferentes partes del

«montón o montones del cemento cuando este se presente
«suelto, o de doce diferentes sacos, barricas u otros envases
«cuando no se dé aquel caso, o bien de cada saco, barrica
«o envase si el número de ellos fuese menor de doce. Se hará
«la elección con el mayor esmero de modo que se tenga una
«muestra media lo más exacta posible del cemento presentado.

«Cuando la elección de muestras deba hacerse en suminis-
«tros que pasen de 250 toneladas (254012 Kls.) de una vez,
«se tomarán las muestras como expresa la cláusula anterior,
«de cada doscientas cincuenta toneladas o fracción de ella.

«Antes de someter la muestra a los ensayos de resistencia
«a la tracción, de fraguado y de invariabilidad de volúmen
«se le tendrá extendida con un espesor de tres pulgadas (mm.
«76.20) por 24 horas a una temperatura entre 58° y 64°
«Fahrenheit (14.4° a 17.8° centigrados).

Siendo nuestro propósito al hacer las transcripciones anteriores indicar la forma y los cuidados que debe tenerse al extraer las muestras de cemento para someterlas luego a los ensayos prescriptos con el objeto de comprobar la calidad del producto y considerando que este objeto queda ampliamente llenado con las citas anteriores creemos innecesario seguir transcribiendo pliegos correspondientes a otros paises.

Por lo demás los procedimientos adoptados en otras partes no se diferencian fundamentalmente de los indicados.

II Piedras naturales. – Una Comisión designada por el Gobierno Francés para el estudio de los métodos más convenientes para el ensayo de los materiales votó, en sesión plena celebrada el 8 de Julio de 1900, las conclusiones que se indica enseguida y que se refieren a la forma en que debe prepararse los ejemplares de piedras.

«Las muestras de piedras de construcción que se remitan
«a un laboratorio de ensayo, deberán ser acompañadas por
«una nota en la que se hará constar el nombre comercial de
«la piedra, la cantera y el banco de donde fué extraida. Se
«agregará siempre que sea posible un corte de la cantera que
«represente la ubicación y el espesor de los bancos y los pun-
«tos de donde se sacaron las muestras. Se indicará también

«la formación geológica a que pertenezca la cantera (según «los distintos autores). Se expresará además el empleo a que «se destina la piedra.

«Las muestras serán simplemente desbastadas en forma de «prismas rectangulares que tengan por lo menos treinta cen-«tímetros de lado y una altura igual a la de los bancos de «donde hayan sido extraidas.

«Si la altura del banco fuera demasiado grande se sacarán «muestras a diferentes alturas del mismo.

«La dirección del lecho de cantera deberá ser señalada en «las muestras.

«El laboratorio de ensayo hará conocer la composición mi-«neralógica, el color y la textura de la piedra.

«Los ejemplares de ensayo serán preparados en el labora-«torio, con la ayuda de la sierra o del hilo a fin de evitar «la producción de fisuras que podrían pasar inadvertidas.

En lo que respecta a los esquistos y pizarras que se destinen para la construcción de techos la misma Comisión estableció lo siguiente:

«Las muestras de esquistos que se remitan a un Laborato-«rio de ensayo serán acompañadas por una nota en la que «deberá constar el nombre comercial de la pizarra, la cantera «y la vena o capa de donde fué extraida. Se agregará siem-«pre que sea posible un corte de la cantera que represente «la ubicación y el espesor de las venas y los puntos de don-«de se sacaron las muestras. Se indicará también la forma-«ción geológica a que pertenezca la cantera y los fósiles ca-«racterísticos (según los distintos autores), el color, las «manchas si las hubiera, los minerales diseminados en la pas-«ta, tales como la pirita cristalizada, dendrita, carbonato de «cal, mica, magnetita, etc. Se indicará además si la separa-«ción entre la capas es terrosa, uniforme etc; si la fractura «es granular, esquistosa o muy esquistosa; si el esquisto pre-«senta un grano largo, es decir la propiedad de cortarse se-«gún un plano perpendicular al lecho de cantera y paralelo «al hilo de piedra; finalmente si puede ser cortado según un «plano perpendicular a las capas y al hilo de piedra.»

«El laboratorio de ensayo verificará la exactitud de los da-«tos correspondientes a los caracteres aparentes de las mues-«tras tales como color, fractura, etc., y mencionará estas ve-«rificaciones en los certificados.

«Los ejemplares de ensayo se sacarán de productos ente-«ros. Cada ensayo se hará sobre seis pizarras provenientes «de las mismas capas, elegidas entre las de espesor más re-«gular. Se considerará principalmente el valor medio de los «resultados obtenidos.

«Para preparar los ejemplares las pizarras serán cortadas «en el laboratorio con la sierra o el hilo y nunca con el «martillo, pues éste podría producir grietas.

«Los ejemplares pueden ensayarse en estado seco y en es-«tado de imbibición total o parcial. En ambos casos se indi-«cará en los certificados el grado de imbibición medido por la «comparación entre el peso en estado seco y en el estado de «imbibición que corresponda.

12. **Piedras Artificiales.** — «Los procedimientos indicados para «el ensayo de las piedras naturales se aplican también para «las piedras artificiales.

«Las muestras sacadas del hormigón o del mortero en ser-«vicio serán en lo posible acompañadas por una nota en la «que constará:

«*a)* La naturaleza del cemento empleado.

«*b)* La naturaleza de la arena y su composición granu-«lométrica.

«*c)* La naturaleza de la gravilla.

«*d)* Las proporcines de estos componentes.

«*e)* La naturaleza del agua empleada en el amasado.

«*f)* El destino de los bloques artificiales.

«*g)* Su edad.

«El conjunto de estos datos permitirá, multiplicando los en-«sayos, darse cuenta de la forma como se comportan estos «productos en cada medio y su resistencia a los distintos «agentes de destruccion.

13. Productos Cerámicos. — «Los ensayos de productos cerá-«micos deben hacerse siempre sobre los artículos puestos en «venta.

«Si se desea conocer con la mayor exactitud el valor de «una fabricación, conviene operar sobre muestras de distinto «grado de cocción. Es suficiente muchas veces examinar las «muestras más débilmente cocidas que se reconocen fácil-«mente en el aspecto y más particularmente en su menor du-«reza y en que las dimensiones de las piezas son algo mayo-«res que la mediana.

«Debe indicarse la marca comercial del producto, su forma, «el estado de sus aristas y de sus superficies, y el color.

14. Piedras destinadas a la construcción de afirmados. — «No «es posible generalmente, en lo que concierne a las calzadas y «a los materiales empleados en su construcción, efectuar en-«sayos más que sobre los materiales tomados aisladamente.

«La aplicación a las calzadas de los resultados obtenidos «sobre los materiales aislados tiene que ser hecha con una gran «reserva, pues es menester no prescindir de las causas exte-«riores que influyen extraordinariamente sobre la conserva-«ción de las calzadas y que no parecen, en la actualidad, ser «susceptibles de ser medidas.

«Entre dichas causas pueden mencionarse los agentes me-«teorológicos, el tráfico, la naturaleza del subsuelo, etc.

«En general, los resultados de los ensayos no pueden apli-«carse convenientemente en la práctica más que en el caso «de que se trate de materiales homogéneos.

«Las muestras deberán comprender por una parte los mate-«riales tales como son empleados, por otra trozos tan grandes «como sea posible de materiales de la cantera y en número « aproximadamente proporcional a las diferentes naturalezas «de los mismos

«El número de muestras será tanto mayor cuanto menos «homogéneos sean los materiales.

«El punto de extracción y su descripción deben ser indi-«cados siempre. Al efecto se agregará una nota con los da-«tos relativos a la cantera considerada desde distintos pun-«tos de vista (naturaleza geológica, sistema de explotación, etc.)

15. **Maderas**.—En el Congreso de Bruxelas (1906) se votó una serie de conclusiones reglamentando todo lo relativo a los ensayos de las maderas.

En lo que se refiere a la extracción de muestras y preparación de ejemplares se estableció lo que sigue:

«*Datos sobre el origen de la madera.*

«Para juzgar las propiedades técnicas de las maderas, es «necesario poseer los datos siguientes:

«1.º) Indicación del lugar de procedencia del tronco, en «tanto sea posible de acuerdo con las instrucciones de la Aso-«ciación de las Estaciones Alemanas de ensayos forestales.

«2.º La calidad del suelo a distinguir en:

«*a*) Buena (clase de procedencia I y II).
«*b*) Media (clase de procedencia III).
«*c*) Inferior o mala (clase de procedencia IV y V).

«3.º) Clase de vegetación a distinguir en:

«*a*) Aislada.
«*b*) Esparcida.
«*c*) Compacta.

«En la elección de los troncos para ensayos de vegetaciones «compactas o casi compactas, se tomará como representantes «los troncos medios entre los doscientos troncos más vigorosos.

«Cuando no pueda hacerse esta elección, se debe tomar «para los ensayos ejemplares del tipo dominante, es decir «troncos cuyo desarrollo esté de acuerdo con la edad y que «tengan una forma de tronco y de copa normal que responda «a la media de los mejores ejemplares del conjunto.

4.º) Las condiciones de crecimiento caracterizadas por:

«*a*) El cociente:

$$\frac{s}{d} = \frac{\text{diámetro a la mitad de la altura del tronco.}}{\text{diámetro a m. 1.3 sobre el suelo}}$$

«*b*) La relación de la copa (longitud total del tronco, lon-
«gitud de la copa, diámetro maximo de la copa).
«*c*) El modo de crecimiento.
«*d*) El crecimiento durante la primer época.
«*e*) El modo de cultivo.

«5.º) La edad determinada por el número de capas anuales «de la sección en la base del tronco.

«6.º) La fecha del corte. Indicación del año, mes y día.

«7.º) Manera de conservar y secar la madera desde el mo-«mento del corte hasta el ensayo.

«8.º) Posición en el tronco de la pieza a ensayar.

«*Signos exteriores de las propiedades de la madera.* En cada «pieza que se ensaye es necesario indicar:

«1.º) Según el aspecto del corte longitudinal o de la super-«ficie hendida:

«*a*) La dirección de las fibras rectas o curvas.
«*b*) El número, clase y reparto de los nudos.

«2.º) Según el aspecto de sección transversal:

a) El espesor radial medio de las capas anuales.
b) El ancho de 30 en 30 capas anuales empezando por la capa exterior, o sea la medida media de los períodos de crecimiento de la misma duración.
c) La longitud de las capas anuales, determinada sobre un centímetro cuadrado de sección, con ayuda de una pequeña rodaja graduada.
d) Modo de formación de las capas anuales circulares o excéntricas.
e) Para las coníferas: la relación de los espesores medios «entre las capas de madera correspondientes al fin del «otoño y a la primavera. Para los ensayos de muchos «ejemplares puede prescindirse de este dato, pues el «peso de la madera es suficiente al respecto.

« *Ejemplares tomados a distintas alturas del tronco.* Cuando «se extraiga ejemplares a distintas alturas del tronco, es «necesario tener en cuenta que los restos de la madera de- «ben poder ser utilizados en la práctica.

«La elección de la altura a que se ha de sacar las mues- «tras está indicada por el fin del ensayo.

«Para la comprobación de las propiedades medias de los «troncos, se procederá a sacar las muestras de la manera si- «guiente: Se elegirá para los ensayos a la flexión entre los 7 «y 10 metros de altura del tronco, contados á partir del «suelo. Los ejemplares que se destinen a otra clase de en- » sayos, se tomarán inmediatamente arriba o abajo de los «ejemplares sacados para los ensayos a la flexión.

«Para las investigaciones sobre la influencia de la posición «en el tronco, la sección más baja destinada a la determina- «ción de la resistencia a la compresión y la del peso debe «encontrarse situada a m. 1.3 sobre el terreno (altura de la «espalda). Las otras piezas de ensayo se tomarán a 1, 5, 11, «17 metros y así sucesivamente de 6 en 6 metros sobre el «corte de la base, hasta que el diámetro del tronco sea infe- «rior a 13 cm.

«Para determinar si los troncos pueden emplearse en la «confección de vigas y columnas de longitudes dadas, se «tratará de que el eje de los ejemplares para ensayos a la «flexión sea el mismo que el de las vigas que se utilizarán «en la práctica. Los otros ejemplares se tomarán á cada lado «de los ejemplares para los ensayos a la flexión, como en el «caso anterior.

«La posición en el tronco de todas las piezas que se ensa- «ye deberá estar indicada y siendo posible también la de «los trozos aislados.

» Para que las propiedades medias de una madera de pro- «cedencia determinada puedan ser establecidas, es necesario «hacer ensayos sobre tres troncos como mínimo.

16. **Metales** — En el mismo Congreso de Bruxelas se resolvió con respecto a los hierros y aceros dulces, laminados y forjados, que la preparación de los ejemplares debe ajustarse a las indicaciones que se transcribe enseguida.

«Los ejemplares deben ser, por regla general, sacados en «frío y dentro de lo posible con ayuda de herramientas o «útiles cortantes de manera que se eviten las deformaciones.

«Si los ejemplares debieran ser extraídos de piezas curvas «o que se hubiesen deformado durante el corte con la tijera, «conviene enderezarlos en frío, sea en una prensa, sea por «medio de martillos de cobre, si el material no debe ser ca- «lentado. En el caso contrario calentándolos a una tempera- «tura que no pase del rojo cereza.

«Si los ejemplares han sido cortados con la tijera, con la «cortadera, o con el punzón, es conveniente que en cada ejem- «plar se quite dentro de la longitud útil y a cada lado, por « lo menos cinco milímetros de material, empleando al efecto «útiles cortantes (cepillo, fresa, etc.).

«No se debe, a menos de convención previa, efectuar el «recocido de los ejemplares. Esta operación se ejecuta a «800°C, más o menos, y el enfriamiento debe hacerse muy » lentamente.

«Siempre que sea posible los ejemplares deben conservar «la costra de laminado.

«En los palastros cortados se sacará las muestras en el sen- «tido del largo y del ancho, de los dos lados. En los palas- «tros no cortados (palastros brutos) se sacará de los restos o «de los dos extremos.

«En los palastros no cortados se desechará, siempre que ello «sea posible, el borde bruto sobre un ancho de 30 mm. como «mínimo.

«En los ensayos de rieles, a la tracción, se recomienda que «los ejemplares sean sacados de preferencia, de las partes ex- «teriores del perfil

«Cuando se trate, en los hierros trabajados o en los ya usa- «dos, de determinar las propiedades que tenian antes de su «empleo, las muestras deben ser sacadas de las partes del «metal en que el espesor no haya sido modificado y que ha- «yan permanecido lo más rectas posibles.

«En los casos en que no se pudiera conseguir más que pie- «zas de formas curvas, se desprenderá el ejemplar con un ta-

«ladro, con un buril o con una sierra circular. Los ejemplares «serán luego cuidadosamente enderezados y preparados de «acuerdo con las indicaciones hechas antes.

«En los ensayos de piezas de fundición se prepararán los «ejemplares con ayuda del torno.

Los ensayos de piezas de cobre deben efectuarse, según lo acordado en dicho Congreso en la siguiente forma:

«Los ejemplares serán sacados en frío utilizando con tal «objeto, útiles cortantes. Se evitará, en lo posible, enderezarlos «después de esa operación.

«En todo caso el enderezamiento debe ser ejecutado con «las mayores precauciones, con martillos de madera o de co«bre. Puede usarse también la aleacción siguiente. 9 partes «de plomo, 1 de bismuto y 2 de antimonio.

«La preparación de los ejemplares ejerce gran influencia «sobre los resultados. La operación final debe hacerse con las «mayores precauciones y el trabajo tiene que ejecutarse sin «interrupción sobre toda la longitud útil del ejemplar; el espe«sor de las últimas virutas debe ser muy pequeño.

«Los ejemplares deben ser limados en el sentido de la lon«gitud y pulidos con papel esmeril. Los bordes en los de sec«ción rectangular deben ser un poco redondeados.

Se podría citar también prescripciones contenidas en las normas inglesas, norteamericanas, etc., pero no lo creemos necesario, dado el fin que nos hemos propuesto que no es más que el de dar una idea clara de la forma en que se reglamenta todo lo relativo a la extracción de muestras y a la preparación de ejemplares, como medio de que se cumplan las condiciones a que hicimos referencia anteriormente.

Por lo demás, estas prescripciones que varían de un País a otro, no pueden ser consideradas como definitivas mientras no reciban la sanción oficial de un Congreso Internacional de Ensayo de Materiales, única forma en que pueden ser adoptados con carácter general.

Antes hicimos notar la necesidad y la conveniencia que existe en llegar a la completa unificación de los métodos de ensayo, ya que es el único medio de conseguir que sean comparables los

resultados de ensayos efectuados en distintos laboratorios o por distintos experimentadores. Exactamente lo mismo puede decirse con respecto a los procedimientos seguidos para extraer las muestras y preparar los ejemplares que han de ser sometidos a los distintos ensayos.

CAPÍTULO III

LAS MÁQUINAS DE ENSAYO

17 — **Consideraciones generales.** Las máquinas para el ensayo de los materiales deben estar dispuestas en forma que permita hacer actuar sobre el ejemplar, únicamente el esfuerzo cuyo efecto se trata de investigar. Deben quedar por consiguiente totalmente excluídas toda clase de acciones secundarias.

Si no se procediese así, sería fácil incurrir en los más serios errores, además de que se complicarían inútilmente las condiciones de las experiencias. Por otra parte, no es siempre fácil calcular con la exactitud deseable la influencia de esos factores secundarios.

Toda instalación destinada al ensayo de materiales debe ser construída de modo que permita una verificación segura y fácil.

Es conveniente que se compruebe con frecuencia la precisión de las máquinas como también la de los órganos de medida. (C. de B. 1906).

18. **Clasificación general.** Las máquinas de ensayo pueden dividirse en tres grandes grupos. Corresponden al primero todas las máquinas que se usan en los ensayos por acción gradual, al segundo las utilizadas en los ensayos por acción instantánea y al tercero las empleadas en los ensayos por acción repetida.

Ensayos por acción gradual son aquellos en que el esfuerzo cuyo valor inicial es cero, va aumentando lentamente hasta alcanzar un máximo determinado por las condiciones de la experiencia.

Ensayos por acción instantánea o dinámica, más comun-

mente denominados ensayos por choque, son aquellos en que la fuerza es aplicada bruscamente, alcanzando por lo tanto su valor máximo durante fracciones de segundo.

Ensayos por acción repetida son aquellos en que el cuerpo es sometido a tensiones relativamente débiles pero que se repiten durante un gran número de veces.

19. **Máquinas para ensayos por acción gradual.** *Estas máquinas deben ser construídas de manera que funcionen normalmente sin choques.* (C. de B. 1906).

En toda máquina de ensayo puede distinguirse cuatro partes perfectamente determinadas. Son las siguientes: el dispositivo productor del esfuerzo, los aparatos de medida del esfuerzo, el bastidor de la máquina, y los instrumentos para la medida de las deformaciones de los cuerpos sometidos a ensayo.

20. Dispositivo productor del esfuerzo. Este dispositivo puede estar formado por un sistema de palancas, por un tornillo sin fin, por una prensa hidráulica, etc.

Como ejemplo del primer caso, se puede citar la conocida máquina de Michäelis utilizada en los ensayos mecánicos a la extensión y a la flexión de cementos y morteros.

La carga p que puede aumentarse gradualmente produce el esfuerzo P sobre el cuerpo A sometido a ensayo. Siendo conocida e invariable la relación entre la longitud de los brazos de las dos palancas, de que está formada la máquina, no hay dificultad en determinar la relación entre el esfuerzo P y la carga p.

Como ejemplos de la aplicación del tornillo sin fin puede citarse muchas máquinas de ensayo, entre otras las usadas para los ensayos a la torsión.

Las prensas hidráulicas son utilizadas en la mayor parte de las máquinas de ensayo. Así pueden verse en las máquinas para ensayos a la tracción, a la compresión, a la flexión, etc.

21. Aparatos para la medida del esfuerzo. Los aparatos destinados a apreciar la magnitud del esfuerzo aplicado al cuerpo pueden agruparse en dos series. La primera constituída por aquellos en que la medida de los esfuerzos se hace periódicamente, es decir con ciertas intermitencias impuestas por el

propio funcionamiento del aparato. La segunda por los que permiten que la apreciación se haga de una manera continua, sin interrupciones ni saltos y de manera tal que en cualquier instante pueda ser avaluado sin necesidad de manipulación especial alguna.

Como aparatos correspondientes a la primera serie se puede citar las balanzas de palanca, con o sin dispositivos auxiliares y las balanzas de peso móvil cuando éste es manejado a mano.

La segunda serie comprende las balanzas de inclinación, las balanzas de resorte, los dinamómetros hidrostáticos y los manómetros de resorte.

22. **Balanzas de palanca**. La relación entre los brazos a y b es constante; la fuerza p con que debe equilibrarse el esfuerzo P, para obtener su valor, es variable.

Los pesos auxiliares utilizados para aumentar el valor de p hasta obtener la posición de equilibrio dada por la igualdad de los momentos:

$$Pa = pb$$

son agregados a mano.

23. **Balanzas de palanca con un dispositivo auxiliar**. La relación de los brazos $\frac{a}{b}$ es constante, también en este caso. — El peso p está constituído por una serie de discos perforados en su centro. — Estos discos pueden ser agregados sucesivamente mediante una instalación mecánica, lo que hace posible que el valor de p pueda aumentarse gradualmente.

Este aparato tiene la ventaja de hacer posible que los pesos sean movidos sin choques y sin que se produzca por consiguiente ninguna sacudida o vibración.

Evita también que se incurra en errores al calcular el total de los pesos que actúan en el extremo del brazo b.

Pero si no se quiere complicar demasiado el aparato y apreciar a la vez con la debida aproximación, el valor del esfuerzo, es necesario que se pueda agregar a mano pequeños pesos complementarios.

24. Balanzas con pesos móviles. En este aparato *a* y *p* son constantes, *b* es variable. El peso *p* puede ser movido a mano a lo largo del brazo *b*. En algunos casos la máquina está dispuesta en forma tal que el peso *p* es movido automática-

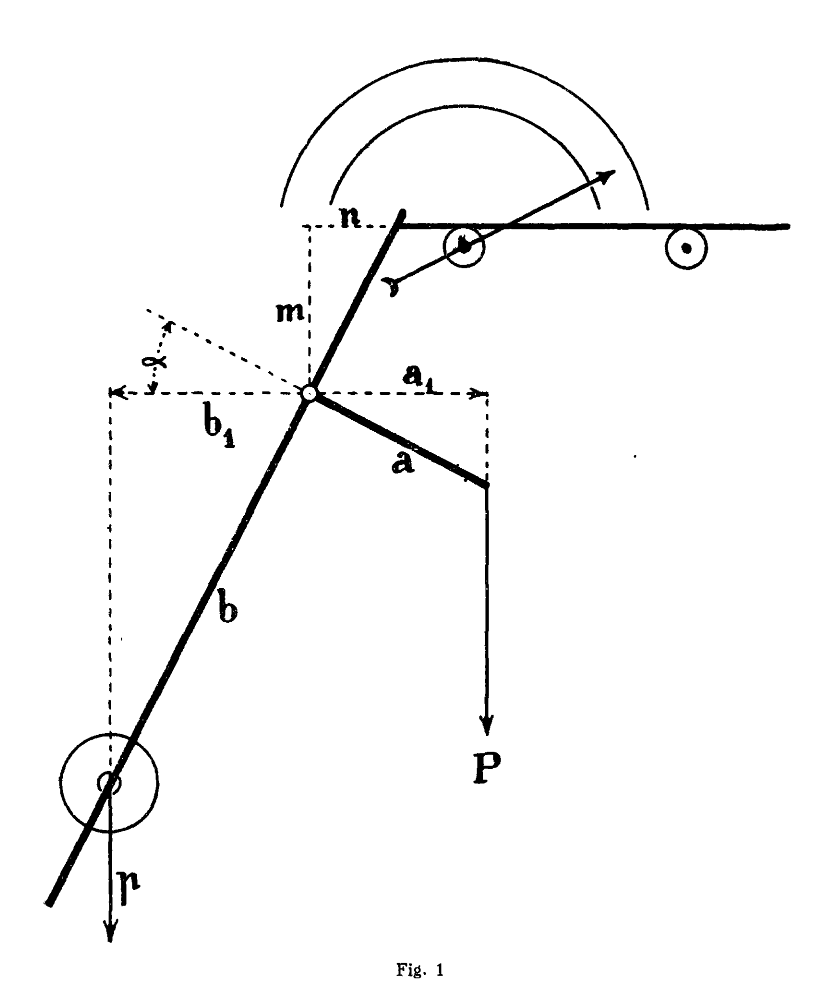


Fig. 1

mente de manera que la palanca permanece constantemente en la posición de equilibrio.

En estas condiciones el aparato funciona de una manera

continua y debe ser incluído, por consiguiente, entre los correspondientes a la segunda serie.

25. Balanza de inclinación. En esta balanza p es constante, a_1 y b_1 son variables, si llamamos a_1 y b_1 a la longitud de los brazos de palanca que intervienen en los cálculos de la ecuación de equilibrio.

La figura 1 representa esquemáticamente, la balanza de inclinación.

Se puede establecer las siguientes igualdades

$$Pa_1 = pb_1$$

$$a_1 = a \cos. \varphi$$

$$b_1 = b \text{ sen. } \varphi$$

$$P = p \frac{b_1}{a_1} = p \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi$$

pero:

$$\operatorname{tg}. \varphi = \frac{n}{m}$$

luego:

$$P = n \left(\frac{p\ b}{m\ a} \right)$$

Podemos suponer que:

$$\frac{p\ b}{m\ a} = a$$

entonces:

$$P = n\ a$$

La desviación n producida a la distancia m del eje de giro de la palanca expresará por consiguiente la medida del esfuerzo P ejercido sobre el ejemplar.

El peso p puede moverse a lo largo del brazo de palanca b. Es posible por lo tanto variar la escala de apreciación de los esfuerzos con solo cambiar de posición al peso p.

La lectura de los esfuerzos, se hace generalmente sobre la circunferencia graduada indicada en la figura.

Aumentando convenientemente el diámetro de esta circunferencia puede facilitarse la lectura del valor de los esfuerzos, consiguiendo así una mayor exactitud.

26. **Balanza de resorte.** — La tensión elástica de un resorte es utilizada en este caso para medir el esfuerzo P.

La deformación del resorte determinada por el camino recorrido por un índice sobre una escala graduada da inmediatamente el valor de P.

La balanza de resorte sólo debe usarse cuando se trate de medir pequeñas cargas. Cuando P alcanza valores altos, hay que usar resortes muy fuertes, en los que a causa de ser muy débiles las deformaciones es fácil cometer errores de importancia.

27. **Dinamómetros hidrostáticos.** — La medida de la fuerza P se hace aquí sustituyendo a p por la presión de una columna líquida cuya altura leída directamente sobre una escala graduada da el valor de P.

La transmisión y amplificación de p a P se hace casi siempre por medios hidráulicos.

La fuerza P actúa directamente o por intermedio de palancas, sobre un pistón que se mueve dentro de un cilindro que contiene un líquido, generalmente aceite, en comunicación directa con un manómetro de mercurio.

La altura h de la columna mercurial da la medida de P.

28. **Manómetro de resorte.**—En lugar de la columna mercurial puede usarse un manómetro de resorte.

Se trata de aplicar el mismo principio que en la balanza de resorte, sin más diferencia qne la fuerza P no actúa directamente sobre el resorte, sino por intermedio de un tubo de transmisión.

29. **Bastidor de la máquina.** — Bajo esta denominación, debe considerarse comprendida toda la instalación que sostiene a los

órganos utilizados para transmitir el esfuerzo *P* al ejemplar que ha de ser sometido a ensayo.

Uno de los elementos más importantes que constituye esta parte de las máquinas es, sin duda, el dispositivo destinado a sostener los ejemplares en forma que permita desarrollar íntegramente el esfuerzo *P* sin que se produzcan los esfuerzos secundarios a que se ha hecho referencia.

Estos dispositivos deben ser construidos de manera que los esfuerzos de tracción o de compresión se repartan tan uniformemente como sea posible sobre toda la sección del ejemplar.

Para conseguir este objeto es necesario:

a) *Que en los ensayos a la compresión uno de los apoyos cuyas superficies deben ser planas y pulidas, pueda moverse fácilmente sobre un cojinete esférico.*

b) *Que en los ensayos a la tracción, la barra de ensayo tenga la movilidad mayor que sea posible, a fin de que pueda orientarse por sí misma desde el principio del ensayo.*

Para estos últimos ensayos la experiencia ha demostrado que puede llenarse la condición prescripta de los siguientes modos:

1.º) *En el caso de ejemplares de forma cilíndrica adoptando cojinetes esféricos que serán preferentemente de una sola pieza.*

2.º) *Si se trata de ejemplares de sección rectangular, haciendo un agujero en la cabeza y haciendo pasar por él un eje cilíndrico. Es indispensable que un diámetro de estos agujeros coincida exactamente con el eje longitudinal de la pieza.*

3.º) *Se puede usar también un dispositivo de cuñas con superficie rayada o rugosa. Estas tienen el inconveniente de que pueden, en ciertos casos, dar origen a esfuerzos oblicuos. Son no obstante, muy cómodas y de una exactitud generalmente suficiente en la práctica.* (C. de B. 1906).

30. **Instrumentos para la medida de las deformaciones.** — Al ejecutar un ensayo de cualquier naturaleza que sea, es indispensable medir las dimensiones primitivas del ejemplar, las variaciones de las mismas producidas durante la experiencia

y las nuevas dimensiones y forma que haya adquirido una vez terminado el ensayo.

Los instrumentos que se usan para estas medidas no forman parte, en realidad, de las máquinas de ensayo y pueden por lo mismo ser considerados, sin inconveniente alguno, como independientes de ellas.

Pero, como son un complemento indispensable para la ejecución de todo ensayo, hay ventajas en que sean estudiadas conjuntamente con aquéllas.

Los instrumentos que se emplean para la determinación de las dimensiones del ejemplar antes y después de efectuado el ensayo no se diferencian mayormente.

Los dispositivos que se utilizan para apreciar las variaciones durante la ejecución de la experiencia se basan en otros principios y deben ser motivo de un estudio especial.

31. **Medidas directas y medidas indirectas.** — Cuando se trata de apreciar determinada dimensión de un cuerpo, se puede seguir dos métodos.

El primero consiste en colocar directamente la escala de medida, por ejemplo: una regla graduada, sobre la dimensión que se quiere estimar.

El segundo en valerse de un instrumento auxiliar, tal como un compás común, que sirve para transportar a la escala de medida la dimensión tomada sobre el cuerpo.

El procedimiento indicado en primer término es el de las *medidas directas:* en el segundo el de las *medidas indirectas.*

Es evidente que se incurrirá más fácilmente en errores en el segundo caso que en el primero. Por consiguiente, siempre que ello sea posible, debe darse preferencia al procedimiento de las medidas directas.

32. **Precisión de las medidas.** —En los ensayos corrientes basta generalmente, con estimar las longitudes con una aproximación de un décimo de milímetro.

Los instrumentos más usados son las reglas graduadas, el nónio, el compás común, etc.

En los ensayos científicos, la determinación de las dimen siones tiene que hacerse con una gran precisión, muchas ve-

ces debe apreciarse el milésimo de milímetro, por lo que hay que utilizar instrumentos especiales basados principalmente en el empleo de tornillos microméticos o en el de lentes y espejos

El principio en que se funda la construcción de esta clase de aparatos será explicado al tratar de los instrumentos para la determinación de las deformaciones producidas durante la ejecución de los ensayos.

Ninguna medida puede hacerse con exactitud absoluta. Diferentes factores hacen que, al determinar varias veces una misma medida, se hallen pequeñas diferencias en los resultados.

Un promedio entre todos los resultados parciales nos dará con la mayor aproximación posible el valor de la magnitud buscada,

33. **Causas de error.** — Los factores a que hemos hecho referencia, como ocasionando errores en la apreciación de las medidas, reconocen diferentes causas entre las que se pueden citar las siguientes: *errores debidos al observador*, motivados por la mayor o menor práctica y habilidad en esta clase de trabajos, por el estado de espíritu, de la vista, etc.; *errores de los instrumentos*, ocasionados por inexactitud en la graduación de las escalas, por el grueso de los trazos, etc.; *errores de método*, debidos a haberse seguido un procedimiento equivocado o por no usar correctamente los aparatos; *errores debidos a causas exteriores*, tales como los cambios de temperatura o de la humedad atmosférica, la insuficiencia de la luz, la posición incómoda del observador, etc.

Es indudable que todas estas causas de error puedan producirse simultáneamente.

34. **Errores metódicos y errores accidentales.** — Las causas de error enumeradas, pueden clasificarse en dos grupos. En uno de ellos estarían incluídas las que influyen siempre en un mismo sentido, ya sea aumentando, ya sea disminuyendo la magnitud a medir. Como ejemplo de esta clase de errores, que se denominan *errores metódicos*, se puede citar los originados por defectos de los instrumentos, por haber seguido procedimien-

tos equivocados, porque el observador haya trabajado en una posición inconveniente, etc.

En el otro grupo estarían comprendidos todos los errores que se producen tan pronto en uno como en otro sentido; aumentando o disminuyendo indistintamente el verdadero valor de la medida. Son los llamados *errores accidentales.* Pueden reconocer como causa, los cambios de temperatura o de humedad, la insuficiencia de la luz, etc.

Los errores metódicos pueden y deben ser siempre evitados. Cuando sean originados por el empleo de instrumentos mal graduados y no se disponga de otros para reemplazarlos, es preciso determinar por el cálculo, las correcciones que sean necesarias, en los valores directamente hallados, para conseguir los resultados verdaderos.

El empleo de procedimientos diferentes para la determinación de una misma medida, permite también eliminar los errores metódicos debidos a otras causas.

Los errores accidentales pueden ser evitados fácilmente. Para ello basta con tomar un promedio de todos los resultados obtenidos al efectuar varias veces y si es posible por distintos observadores, la apreciación de una misma medida.

Se elimina así, todos los pequeños errores que, como se ha expresado, serán indistintamente positivos o negativos y se disminuirá considerablemente la influencia de los errores grandes, pues éstos se producirán necesariamente en una proporción mínima.

Cuando en una serie de medidas los errores se produzcan sin seguir un orden determinado, es decir, cuando sean indistintamente positivos o negativos, o sean mayores o menores que el verdadero valor de la medida, puede tenerse la seguridad de que no se ha incurrido en ningún error metódico.

Al decir verdadero valor de la medida, nos referimos al que se hubiera obtenido tomando el promedio de los resultados parciales de toda la serie de medidas, único medio de que se dispone para llegar a su determinación con la maxima aproximación.

En cambio, cuando se hubiera cometido errores metódicos,

se observará en la serie de medidas que las diferencias positivas o negativas se producen ajustándose a un orden determinado.

Hay posibilidad por consiguiente, de saber si los resultados obtenidos al determinar una dimensión cualquiera, pueden ser tenidos como exactos o si por el contrario adolecen de vicios que los hacen inaceptables.

35. **Grado de precisión de los instrumentos de medida.** — Una regla graduada o un compás de corredera, provistos de un nónio permiten apreciar facilmente hasta el décimo de milímetro.

Otros aparatos como el palmer, el esferómetro, etc., basados en el empleo de los tornillos micrométricos permiten alçanzar un grado mayor de aproximación.

Así, por ejemplo, un tornillo micrométrico que tenga cinco filetes por milímetro y cuyo tambor esté dividido en cien partes podría medir con el siguiente grado de aproximación:

$$g = \frac{1}{5 \times 100} = 0.002 = 2 \times 10^{-3} \text{ m. m.}$$

Si trataramos de apreciar, usando este tornillo, el alargamiente de una barra de acero duro, bajo la acción de una carga do un kilógramo por milímetro cuadrado, por ejemplo, tendríamos que operar sobre un ejemplar cuya longitud L fuera lo bastante grande, para que los errores de medida no ejercieran influencia en los resultados.

Supongamos que una lectura equivalente a $5\ g$ fuera suficiente.

Si llamamós l al alargamiento experimentado, bajo la acción de la carga p igual a 100 atms, en la longitud L del ejemplar tendremos:

$$l = 5\ g = 5 \times 2 \times 10^{-3} = 10^{-2} \text{ m. m.}$$

Considerando que el coeficiente de extensión del acero duro es:

$$a = \frac{\varepsilon}{\sigma} = 0.00003 = 3 \times 10^{-5}$$

y teniendo en cuenta que en el caso considerado hemos supuesto:

$$\sigma = 1 = 10^{\circ}$$

$$\varepsilon = a \quad \sigma = 3 \times 10^{-5} \times 10^{0} = 3 \times 10^{-5} \text{ m. m.}$$

y por consiguiente:

$$L = \frac{l}{\varepsilon} = \frac{10^{-2}}{3 \times 10^{-5}} = 333 \text{ m. m.}$$

Sin embargo, los tornillos micrométricos con un paso tan fino presentan en la práctica muchos inconvenientes; su conservación en estado perfecto es difícil y la comprobación y corrección de los errores requiere mucho tiempo.

Por tales motivos, se emplea generalmente filetes mucho más gruesos, lo que obliga a aumentar proporcionalmente la longitud de medida L o la carga σ. Aún así no se subsanan todos los inconvenientes, por cuanto los tambores de medida ocupan siempre mucho espacio lo que dificulta su colocación sobre el ejemplar. Además como es preciso hacer girar los tambores cada vez que se debe tomar una medida, se aumentan las probabilidades de incurrir en errores importantes.

Se construye otros aparatos que permiten medir con más exactitud las deformaciones aún durante la ejecución del ensayo y que ofrecen por lo mismo la ventaja de permitir las observaciones durante todo el desarrollo de la experiencia.

Se basan estos aparatos en el empleo de rodillos y en el de espejos y anteojos.

36. **Aparatos de rodillos.** — Como ejemplo de estos aparatos puede citarse uno muy sencillo, ideado por Bauschinger.

Supongamos que se trata de un ensayo a la compresión efectuado con una máquina horizontal. Sobre uno de los platos de la prensa se coloca un cuchillo *a*, sobre el otro un soporte *r* que sostiene un rodillo que puede girar libremente alrededor de su eje horizontal.

Encima del cuchillo y del rodillo se dispone una varilla de

metal o madera *b* sobre la que actúa una pequeña carga o resorte. Cuando los dos platos de la prensa se aproximan comprimiendo al ejemplar ensayado la varilla *b*, a consecuencia de la resistencia que ofrecerá a su movimiento el cuchillo *a*, hará girar el rodillo *r*. Una aguja fijada en la prolongación de uno de los diámetros de éste permite leer sobre un sector graduado, el acortamiento producido en el ejemplar.

La amplificación de la deformación está dada por la relación entre los diámetros del rodillo y del sector.

Este aparato permite apreciar fácilmente hasta un milésimo de milímetro.

Presenta, no obstante, el inconveniente de que las deformaciones no son medidas directamente sobre el ejemplar, como debe hacerse, siempre que ello sea posible.

Existe por consiguiente la probabilidad de que se cometa errores si los platos no se conservan exactamente paralelos.

Es necesario pues, verificar cuidadosamente si se ha cumplido esta condición para hacer en caso negativo, las correcciones debidas, en el resultado indicado por el aparato. A pesar de tan serio inconveniente hay necesidad muchas veces de seguir este método indirecto para obtener la medida de las deformaciones sufridas por el cuerpo. Generalmente es preciso recurrir a él cuando se trata de ensayos a la compresión que se hacen casi siempre sobre ejemplares de pequeñas dimensiones. Esta circunstancia dificulta y hace imposible muchas veces, el uso de aparatos que midan las deformaciones directamente sobre los ejemplares.

Como ya se ha expresado el procedimiento preferible es este último; aconsejándose además que la medida se haga, por lo menos, sobre dos fibras opuestas del ejemplar. Un promedio entre los dos resultados obtenidos, compensará los errores provenientes de la falta de homogeneidad de la materia, de defectos en la colocación del aparato, etc.

En el caso de un ensayo a la flexión se puede usar para la medida de las flechas un aparato ideado también por Bauschinger.

Un hilo que se fija por uno de sus extremos a la parte de

la viga correspondiente a las fibras más extendidas, da dos vueltas alrededor del carrete en que está colocada la aguja que permite leer las deformaciones sobre un sector graduado. En el otro extremo del hilo hay un peso que lo sostiene tenso.

La aguja tiene en su parte inferior un contrapeso a fin de mantenerla en posición vertical mientras no existan deformaciones.

Basados en el mismo principio que el de Bauschinger se han construído otros muchos instrumentos de medida. Los es-

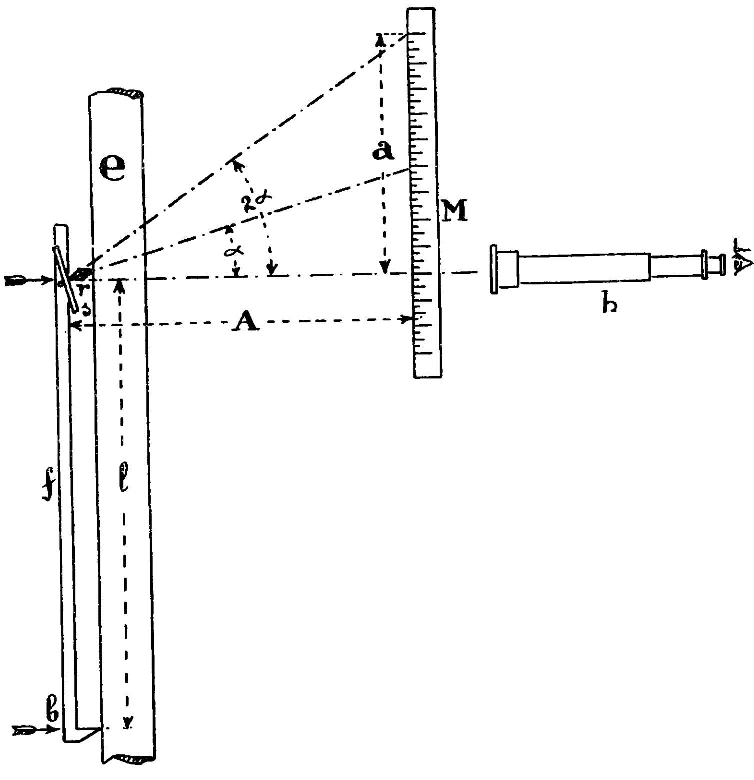


Fig. 2

tudiantes tendrán oportunidad de examinar algunos de estos aparatos en los laboratorios del Instituto.

37. **Aparatos de espejos.** — Bauschinger construyó también

un aparato fundado en el empleo de espejos y anteojos, con objeto de poder medir exactamente las más pequeñas deformaciones producidas durante la ejecución de un ensayo.

Sin embargo el aparato que se usa generalmente en la práctica es el de Martens por su más fácil manejo y comodidad.

La fig. 2 indica la disposición dada a los diferentes elementos de este aparato.

La varilla f que se fija sobre el ejemplar por medio del resorte b se apoya por uno de sus extremos de una manera invariable sobre el ejemplar, en el otro extremo descansa sobre un cuchillo r de sección rombal que puede girar alrededor del punto o al producirse un alargamiento en la longitud de medida l.

En la dirección perpendicular al eje mayor del cuchillo r está colocado un pequeño espejo. Cuando el cuchillo gira alrededor de o, el espejo que sigue naturalmente el mismo movimiento permitirá que se lea sobre una regla graduada M con ayuda de un anteojo h una longitud a que representa en la escala correspondiente la deformación sufrida por el ejemplar.

En el aparato Bauschinger el cuchillo r está reemplazado por un pequeño rodillo que gira alrededor de su eje horizontal al producirse la deformación. El espejo está colocado según la dirección de uno de los diámetros del rodillo.

Si llamamos r a la diagonal horizontal del rombo, el alargamiento l experimentado por el ejemplar será:

$$l = r \text{ sen } \alpha$$

siendo α el ángulo que ha girado el eje r del cuchillo. La lectura a sobre la regla graduada m será, si A es la distancia entre ella y el espejo:

$$a = A \text{ tg. } 2\,\alpha$$

Por consiguiente la amplificación del aparato será:

$$n = \frac{a}{l} = \frac{A \text{ tg. } 2\,\alpha}{r \text{ sen. } \alpha}$$

Como se trata de ángulos muy pequeños se puede tomar aproximadamente como valor de n:

$$n = \frac{2A}{r}$$

Y teniendo en cuenta que se trabaja simultáneamente con dos aparatos se tomará como valor de a la semi suma de las dos lecturas, que podemos llamar a_1 y a_2; luego:

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

y,

$$l = \frac{a_1 + a_2}{2n} = (a_1 + a_2)\frac{r}{4A}$$

En la práctica se hace generalmente $n = 500$. De manera que si usáramos un aparato en el que r fuera igual a 3 m.m. y desearamos que una lectura de $a = 1$ m.m. equivaliera a una deformación del ejemplar igual a 1 / 500 de m.m. tendríamos que disponer la regla graduada a una distancia del espejo:

$$A = \frac{n\ r}{2} = \frac{3 \times 500}{2} = 750 \text{ m. m.}$$

También se puede emplear un aparato de espejos para medir las flechas producidas durante la ejecución de un ensayo a la flexión.

Además se puede aplicar el mismo principio a la construcción de aparatos destinados a medir las deformaciones producidas durante los ensayos a la torsión.

38. **Dispositivo para el trazado de diagramas.** — Un complemento muy útil de las máquinas de ensayo es el dispositivo destinado a trazar un diagrama en el que pueda estudiarse todos los fenómenos producidos durante la experiencia.

Los dispositivos para el trazado de diagramas deben tener la

misma exactitud que las máquinas y los instrumentos de medida. (C. de B. 1906).

La manera de instalar este dispositivo varía en las distintas máquinas de ensayo. En el caso de un ensayo a la tracción se adopta generalmente el siguiente sistema.

La transmisión de las deformaciones producidas en el ejemplar se hace por medio de un *extensímetro* que consiste en un cuadro metálico susceptible de alargarse. En los dos lados menonores de éste están colocadas dos piezas provistas de resortes que facilitan su colocación sobre el ejemplar.

El contacto entre el instrumento y el ejemplar se hace por intermedio de dos cuchillos que permiten que el aparato no registre más que las deformaciones producidas entre los dos trazos que limitan la longitud útil del ejemplar.

Cada uno de dichos lados opuestos está provisto, además, de un pequeño anillo. Un hilo que se fija en uno de éstos y que se hace pasar al través del otro, va a arrollarse alrededor de una garganta colocada en uno de los extremos del tambor registrador.

Cuando el ejemplar se alarga el extensímetro hace lo mismo y por medio del hilo produce un movimiento de rotación del tambor a que hemos hecho referencia.

Sobre este tambor se fija una hoja de papel en la que un lápiz, accionado directamente por el dinamómetro, se mueve siguiendo la dirección de una de las generatrices del cilindro.

El diagrama se inscribe en coordenadas rectangulares, estando representadas las deformaciones por las abcisas y los esfuerzos por las ordenadas.

En forma semejante se procede en el caso de ensayos a la compresión o a la flexión. Cuando se trata de ensayos a la torsión se registran en lugar de esfuerzos, los momentos de torsión correspondientes.

El dispositivo para el trazado del diagrama debe estar colocado de manera que el observador pueda vigilar cómoda y permanentemente su funcionamiento.

39. **Verificación de las máquinas de ensayo por acción gradual.** — Las máquinas de ensayo deben ser examinadas periodica-

mente para comprobar si las indicaciones dadas por los aparatos que miden los esfuerzos y las deformaciones son las que en realidad corresponden.

En caso negativo habría que efectuar las correcciones necesarias para eliminar las causas de error que se hubieran producido.

Los aparatos que se utilicen para verificar las máquinas y los instrumentos de medida deben tener un grado de precisión mayor que el de éstos. (C. de B. 1906)

Para verificar una máquina de ensayo puede seguirse varios procedimientos entre los que citaremos los siguientes:

a) Cargando directamente los platos de la máquina con pesos conocidos. La lectura que se haga entonces en el dinamómetro debe ser equivalente al total de pesos colocados sobre el plato de la máquina.

Este procedimiento es indudablemente el más exacto, pero presenta el grave inconveniente de ser de difícil y muchas veces imposible aplicación, sobre todo cuando se trata de máquinas de gran potencia como son las generalmente usadas.

En efecto, obligaría a cargar el plato de la prensa con pesos de muchas toneladas, lo que solo podría hacerse mediante instalaciones auxiliares y con los gastos consiguientes, que en todos los casos resultarían excesivos.

El uso de palancas permite subsanar algunos de estos inconvenientes, pero a expensas de la exactitud, a consecuencia de la intervención de los otros factores que intervienen en el cálculo del valor del esfuerzo aplicado al plato de la prensa.

b) Empleando barras tipos de contraste, cuyo módulo de elasticidad sea exactamente conocido. Este procedimiento se utiliza especialmente en el caso de máquinas para ensayos a la tracción.

Como es preciso operar con deformaciones muy pequeñas, a fin de no salir del período proporcional, hay

que servirse de aparatos de gran precisión para su medida. Los aparatos de espejos llenan satisfactoriamente esta condición.

Si la máquina funciona bien, la medida de la fuerza que indica el dinamómetro, debe coincidir con la que se deduzca, mediante los cálculos respectivos, de las deformaciones sufridas por la barra tipo, teniendo en cuenta a tal efecto el valor conocido del módulo de elasticidad.

c) Utilizando *crushers.* Los crushers son pequeños cilindros de cobre perfectamente dulce y homogéneo, cuyos acortamientos, bajo la acción de una carga determinada, que actúa durante cierto espacio de tiempo, son conocidos.

El procedimiento de verificación de una máquina de ensayo consiste en comprimir uno o varios crushers entre los dos platos de la máquina y medir luego el acortamiento de los mismos, anotando también la carga indicada por el dinamómetro. Como es conocida la relación entre la disminución de altura de los crushers y los esfuerzos correspondientes, sólo resta comparar el valor del esfuerzo deducido de la deformación de los crushers con el indicado por el dinamómetro. El esfuerzo indicado por éste debe ser igual, si la máquina funciona bien, a la suma de los esfuerzos correspondientes al acortamiento de los crushers empleados.

El acortamiento de los crushers es bastante grande en las condiciones en que se efectúa la experiencia, siendo por consiguiente muy fácil medirlo con toda exactitud. Esta medida puede hacerse con un compás de de corredera o con un palmer.

Influye en la exactitud de este procedimiento, la temperatura y el estado de los platos compresores, la coloción de los crushers, etc. A carga igual un crusher se aplasta tanto más cuanto más alta es su temperatura y cuanto mas duros y más pulidos se hallen los platos la máquina. El grado de aproximación a que puede llegarse varía alrededor de un dos por ciento.

d) Utilizando los *contralores Amsler.* Estos aparatos (fig. 3) estan constituídos por un cilindro hueco *a,* lleno de mercurio cuyo grado de compresión está indicado sobre

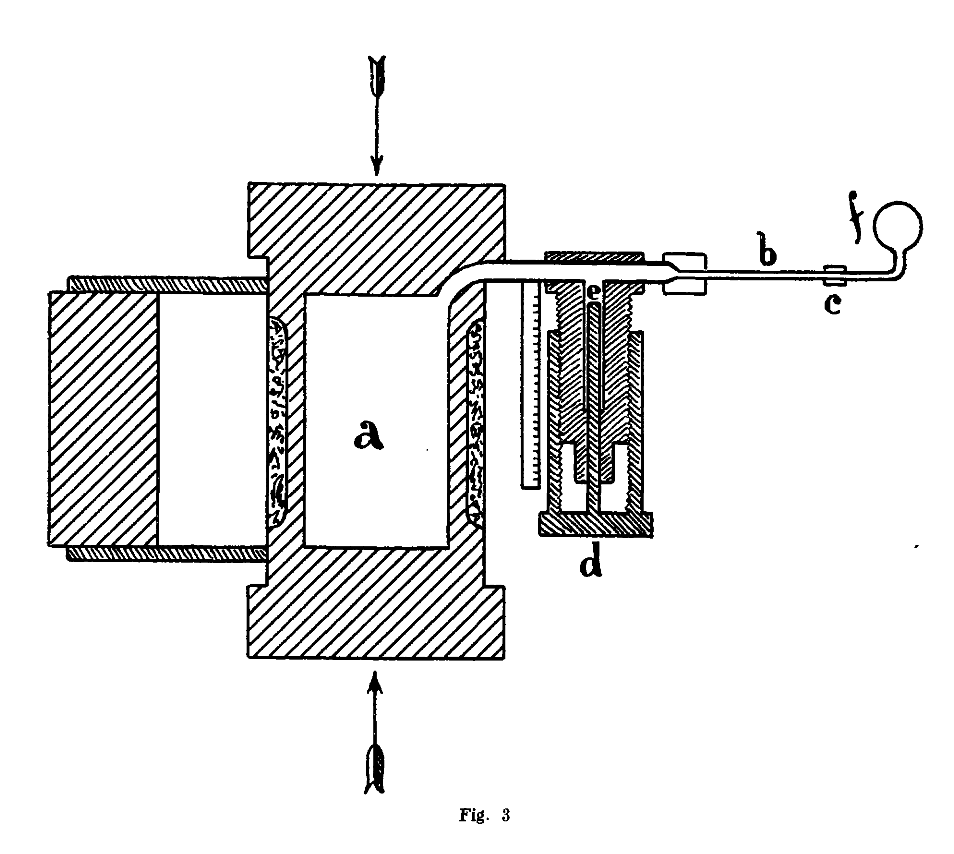


Fig. 3

un tubo capilar *b* colocado lateralmente en el cilindro. Sobre este tubo está marcado un trazo de referencia *c* al que se hace llegar la columna de mercurio mediante el movimiento de un tornillo micrométrico *d.* La punta *e* de este tornillo penetra en el interior del cilindro, de manera que al comprimir el mercurio le obliga a salir por el tubo capilar. Inversamente, al girar el tornillo en el otro sentido aumenta la capacidad del cilindro haciendo entonces retroceder el mercurio.

Si el cilindro *a* es sometido a un esfuerzo de compresión, en la máquina que se quiera verificar, su volumen disminuirá y como consecuencia una cantidad de mercurio equivalente a la disminución de volumen, saldrá al tubo capilar. Haciendo girar entonces el tornillo micrométrico se hará que la columna de mercurio vuelva a ocupar su posición inicial.

El ángulo que se haya hecho girar el tornillo micrométrico da la medida de la disminución de volumen experimentada por el cilindro y también el valor del esfuerzo desarrollado por la máquina, pues se conoce la relación entre la deformación elástica del cilindro y los esfuerzos.

Si el aparato fuera sometido a un esfuerzo de extensión ocurriría un fenómeno enteramente inverso del que acabamos de describir.

Los contralores Amsler son aparatos ligeros, de fácil manejo y que permiten verificar de la manera más simple, la exactitud de las máquinas de ensayo.

El grado de precisión obtenido con estos aparatos es aproximadamente del uno por ciento.

40. **Máquinas para ensayos por acción instantánea.** — Para efectuar esta clase de ensayos se usan máquinas construídas de acuerdo con dos sistemas: 1.º Máquinas fundadas en el principio del péndulo balístico. 2.º Martinetes.

41. **Péndulo balístico.** — La figura 4 indica esquemáticamente la disposición dada al péndulo balístico.

La maza *B* y el yunque *A* se encuentran suspendidos por los cables *ac* y *bd* de modo que los movimientos de ambos péndulos pueden medirse sobre los sectores graduados *Ma* y *Mb*.

La suspensión debe estar dispuesta en forma tal que no sean posible los movimientos laterales. Los tensores *e* permiten que se coloque sobre una misma línea recta los ejes horizontales de la maza y del yunque.

Para ejecutar un ensayo se fija el ejemplar sobre el yunque

y se transporta la maza *B* con ayuda de una cuerda de cáñamo a la altura que se desee, que se habrá fijado previamente sobre el sector *Mb.*

Inmediatamente se quema la cuerda produciéndose así la caída de la maza.

Una parte del trabajo producido se emplea en deformar el

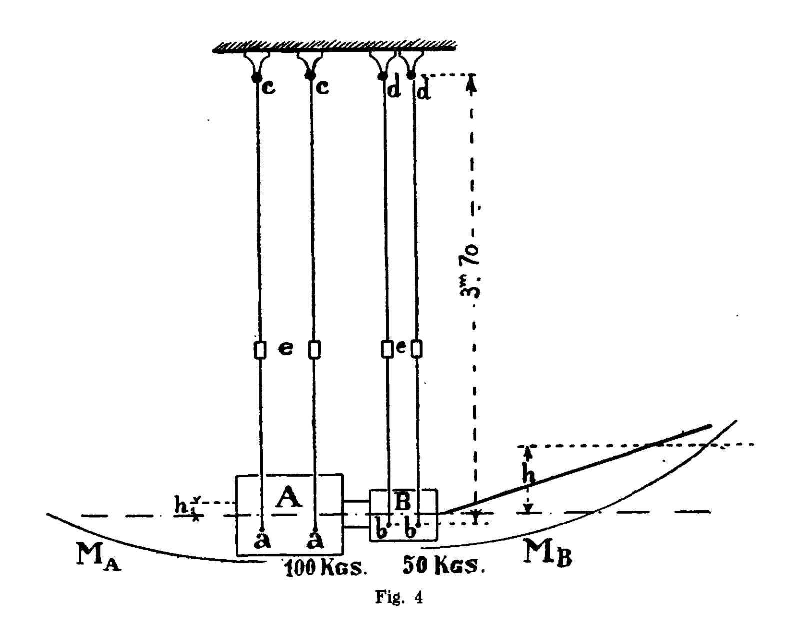


Fig. 4

ejemplar, otra es absorbida por el yunque que sufre una desviación que puede leerse sobre el sector *Ma.*

42. **Martinete.** — El Congreso de Bruxelas (1906) resolvió que los ensayos al choque deben ejecutarse con un martinete construído de acuerdo con las prescripciones que se indican en seguida:

«El peso ordinario de la maza será de 1.000 kilogramos o «de 500 kilogramos. En casos especiales se puede admitir «mazas de pesos menores. Los aparatos que permiten operar «con alturas inferiores a seis metros son preferibles por ser «más fáciles de instalar bajo techo y por ser más seguro su «manejo que con mayores alturas.

«Se recomienda que en las instalaciones nuevas no se ex-«ceda dicha altura.

«Las mazas pueden ser de fundición, de acero forjado o de «acero colado.

«El centro de gravedad de la maza debe encontrarse tan «bajo como sea posible.

«La vertical del centro de gravedad de la maza debe ha-«llarse situada sobre el eje de simetría de las guías.

«La traza vertical del centro de gravedad debe estar mar-«cada en forma bien visible sobre el yunque.

«La relación entre la parte guiada de la maza y la sepa-«ración entre las dos guías debe ser superior a 2:1.

«Debe disponerse las guías de manera que la caída de la «maza sea exactamente vertical. El frotamiento debe ser re-«ducido al mínimo. Al efecto conviene engrasar las guías con «plombagina.

«La cara de la maza que choca con el ejemplar debe pre-«sentar una superficie esférica de 150 m.m. de radio. En los «ensayos en que se haya prescripto el empleo de una pieza «intermedia, correspondiente al perfil de la parte del ejemplar «que ha de recibir el golpe, por ejemplo en el ensayo de rie-«les, es menester que la parte superior de la misma sea «plana.

«Dichas piezas deben ser ligeras y pesar, si es posible, 20 «kilogramos.

«El dispositivo de suspensión de la maza debe ser cons-«truído en forma que no ejerza ninguna influencia sobre la «caída libre de la misma.

La fig. 5 indica el tipo de dispositivo que se usa generalmente con el objeto indicado.

«Es conveniente que se instale una pieza o cuña que impida «la caída accidental de la maza.

«El yunque deberá ser de fundición, de una sola pieza y «y su peso no será inferior a diez veces el de la maza.

«La mampostería de la fundación consistirá en un macizo «sólido e incompresible cuya importancia variará necesaria-«mente con el espacio disponible, pero cuyo volumen en nin-

«gún caso deberá ser menor a seis veces el correspondiente «al yunque.

«Los apoyos de los ejemplares que se ensayan deben estar «sólidamente fijados al yunque.

«Hay conveniencia en que se disponga de una instalación

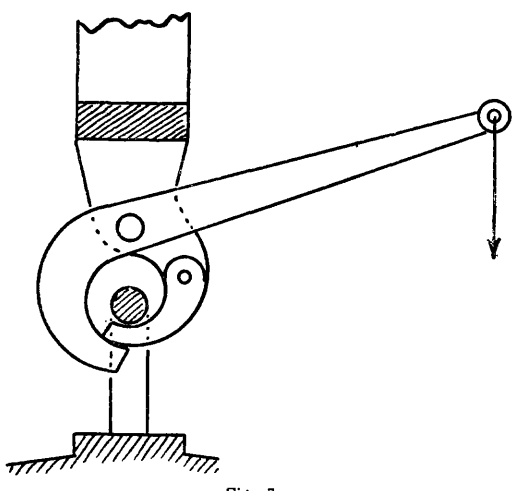


Fig. 5

«destinada a evitar que los ejemplares puedan saltar de sus «apoyos. Esta instalación, no debe sin embargo ejercer in- «fluencia alguna sobre el trabajo de choque.

«La escala para medir la altura de caída debe ser móvil «y dividida en centímetros.

43. **Ejecución de los ensayos.** — «Al ejecutar un ensayo al «choque es necesario verificar previamente la posición verti- «cal de las guías y el movimiento libre de la maza.

«El ejemplar debe ser colocado de manera que reciba, «exactamente, el golpe de la parte céntrica de la cara infe- «rior de la maza.

44. **Medida del trabajo de choque.** — «Al expresar los resul- «tados de un ensayo por acción instantánea es necesario «indicar el peso de la maza y la altura de caída, pues el «efecto del choque depende del valor de cada uno de estos «dos factores.

La altura de caída puede medirse fácil y exactamente con la escala destinada a tal objeto.

Para determinar el peso útil de la maza puede seguirse el procedimiento que se indica a continuación.

Se intercala entre la maza y el dispositivo de suspensión un dinamómetro de resorte y se lee el peso efectivo de la maza durante el descenso que se hará con toda lentitud. Se tiene así el valor de la diferencia entre el peso efectivo y el rozamiento.

Si se hace ascender la maza la lectura obtenida en el dinamómetro corresponderá a la suma del peso efectivo de la maza más el rozamiento.

Cuando el rozamiento sea superior al dos por ciento el martinete no debe ser utilizado.

45. **Máquinas para ensayos por acción repetida.** — Las primeras máquinas para esta clase de ensayos fueron ideadas y construídas por Wöler.

Los ensayos por acción repetida se efectúan generalmente en casos excepcionales, por cuya circunstancia las máquinas correspondientes no han llegado al grado de perfección de las usadas en los ensayos por acción gradual o por acción instantánea.

La mayor parte de las máquinas que se emplean hoy, para efectuar ensayos por acción repetida se basan en los principios de las máquinas de Wöler.

Wöler construyó máquinas para ensayos a la tracción, a la flexión, a la torsión, etc.

La fig. 6 indica esquemáticamente la disposición de la máquina destinada a los ensayos por tracción repetida.

La medida del esfuerzo se hace por intermedio del resorte *F* que actuando sobre la palanca *A* la hace descender hasta el tope *G*.

Por medio del tornillo *H* se puede dar al resorte una tensión determinada. La palanca *A* está unida a la palanca *B* por intermedio de una tercer palanca *C*. La palanca *B* sostiene el dispositivo de tensión del ejemplar *L*. Esta barra está fijada al bastidor de la máquina por un tornillo *K*.

El movimiento es transmitido por una excéntrica *M* que actúa por medio de la biela *N*, la palanca *D*, y el resorte *E* sobre la palanca *C*.

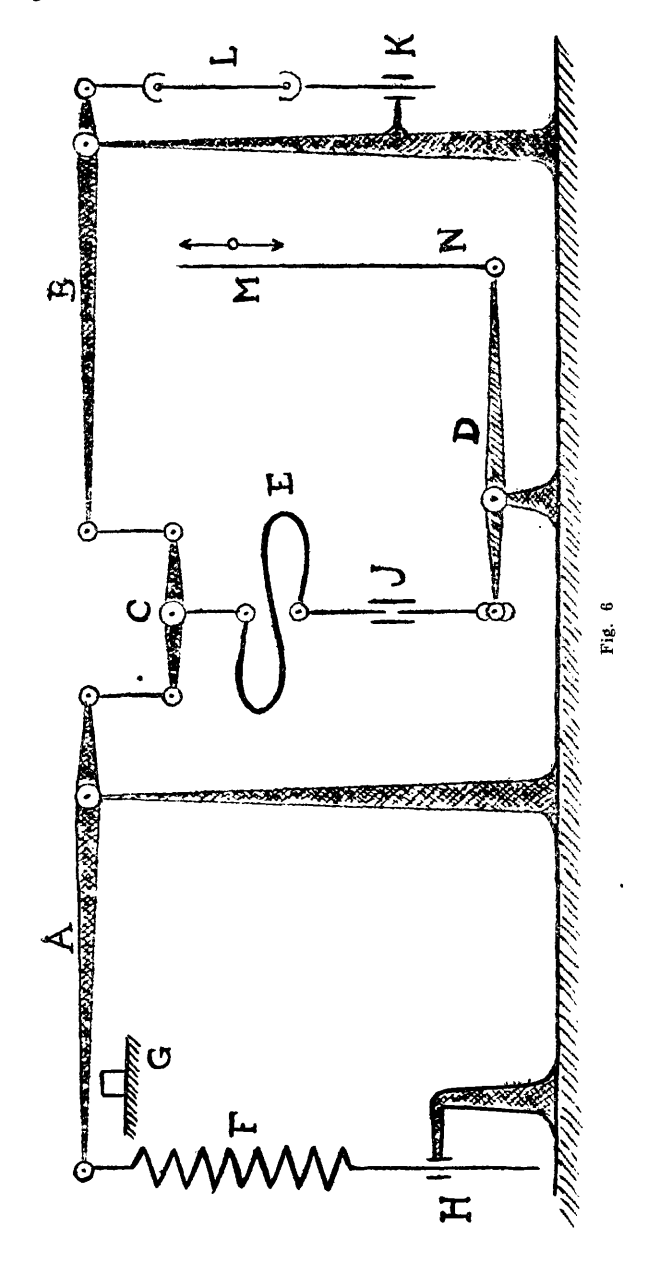


Fig. 6

Supongamos el resorte *E* en tensión con la palanca *D*. Tendremos entonces que la palanca *C* producirá sobre las *A* y *B* dos esfuerzos que valdrán respectivamente la mitad de la tensión del resorte *E*, pues los dos brazos de *C* son exactamente iguales.

El tornillo *J* se usa para graduar la tensión de *E*: es posible por consiguiente aumentar ésta, poco a poco, hasta que la fracción de esfuerzo que actúa en *A* sea suficiente para levantar esta palanca inicialmente apoyada en el tope *G*. En estas condiciones la fuerza tendrá exactamente el mismo valor que corresponda al resorte de medida *F*.

La otra mitad de la tensión de *E* transmitida a la palanca *B* es multiplicada por diez, dada la relación de brazos de esta palanca, y aplicada directamente al ejemplar *L*. La tensión máxima aplicada a éste dependerá por consiguiente de la graduación dada al resorte *F*.

La palanca *D* tiene cierto juego, en su unión, con la barra que la une al resorte *E*, de manera que una vez detenido por completo el resorte, la palanca *D* puede aún hacer un pequeño recorrido sin ejercer presión hacia arriba.

La barra sufre en cada movimiento ascendente y descendente transmitido por la palanca *D* una variación de tensión entre *cero* y el mayor valor de *F* que se hubiera fijado.

Pero si se ha graduado el tornillo *J* de manera que el resorte *E* está ya tendido cuando la palanca *D* se encuentre en posición inicial, la tensión correspondiente se ejercerá sobre la barra de ensayo en esta posición inicial y la variación de tensión se hará entre un límite inferior y otro superior determinados.

El límite superior se puede graduar también como ya se ha visto por medio del resorte de medida *F*.

En la máquina para ensayos por flexión repetida el dispositivo de medida y su funcionamiento son idénticos a los descriptos en el caso anterior.

El ejemplar *L* reemplaza aquí a la palanca *C*. El resorte *F* gradúa la presión ejercida sobre *L* y en consecuencia la tensión máxima.

Martens construyó también, algunas máquinas para esta clase de ensayos.

No vamos a describirlas pues ello nos obligaría a extendernos demasiado; además debe tenerse en cuenta que, como se ha expresado, se fundan generalmente en los mismos principios que las máquinas de Wöler.

No obstante, vamos a referirnos a la máquina construída por Meyer para ensayos por choque por acción repetida.

La fig. 7 indica la disposición dada a esta máquina en el caso del ensayo de una rueda.

Consiste en un martillo *E* unido a un resorte *F*. La pieza *D* levanta en cada giro el martillo y lo deja caer.

Se pueden dar así de 50 a 60 golpes por minuto. La rueda a ensayar *R* gira entre tanto lentamente alrededor de su eje *C*.

Esta máquina se usa principalmente para el ensayo del material destinado a los ferrocarriles.

Basados en este mismo principio se han hecho martinetes que permiten someter a los materiales a una serie—tan larga como se desee—de choques repetidos.

46. **Pulsómetros Amsler.** — La casa Amsler construye desde hace algún tiempo unos aparatos ideados por el doctor Alfredo Amsler, y denominados *Pulsómetros* que permiten realizar en condiciones muy ventajosas la mayoría de los ensayos por acción repetida.

Estos aparatos pueden adaptarse fácilmente a las máquinas y prensas hidráulicas que la misma casa Amsler construye para los ensayos por acción gradual, a la tracción, compresión, flexión, etc.

El dispositivo resulta especialmente útil, por cuanto permite que las mismas máquinas sean aplicadas alternativamente a las ensayos por acción gradual y por acción repetida. — Se aumenta así el servicio que pueden prestar las máquinas, evitando el gasto doble que significaría adquirir máquinas distintas para ambas clases de ensayos.

El pulsómetro produce variaciones periódicas de presión en el cilindro de la máquina —Los límites, superior e inferior de esta presión son mantenidos constantes durante todo el ensayo

aun cuando el ejemplar sufra deformaciones elásticas o permanentes.

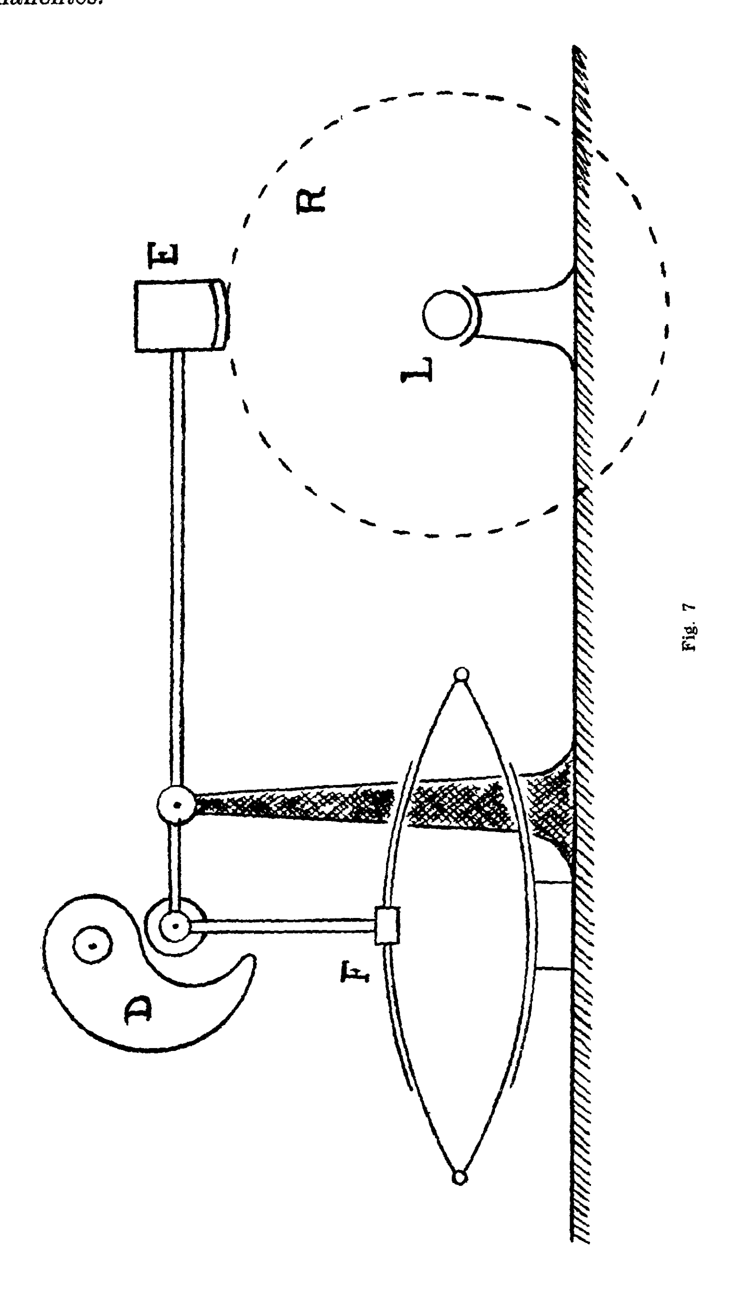


Fig. 7

Los ensayos pueden continuarse sin dificultad hasta que se produzca la ruptura del ejemplar.

Dichos límites son fijados previamente a la ejecución del ensayo, pueden ser leídos en un círculo graduado y comprobados durante la experiencia. — Las impulsiones en el valor del esfuerzo se producen sin choques ni variaciones bruscas.

El pulsómetro está constituido por dos cilindros en los que mueven alternativamente dos pistones — Ambos cilindros que están llenos de aceite se mantienen constantemente en comunicación con el cilindro de la máquina de ensayo.

Cuando uno de los pistones del pulsómetro penetra en su cilindro rechaza una parte del aceite contenido en éste, hacia el cilindro de la máquina de ensayo.

Entonces el pistón de éste se levanta ejerciendo así un esfuerzo suplementario sobre el ejemplar que ya se encontraba sometido a un esfuerzo conocido — El valor de dicho esfuerzo suplementario y el de la deformación producida en el ejemplar, dependen, como es evidente, de la cantidad de aceite que el pulsómetro haya impulsado en el cilindro de la máquina de ensayo y de la sección de su pistón.

Cuando a la semivuelta siguiente, el pistón del pulsómetro es levantado por su biela, la cantidad de aceite que había sido rechazada hacia el cilindro de la máquina de ensayo vuelve al pulsómetro y la presión ejercida sobre el ejemplar disminuye hasta su valor anterior.

Las dimensiones de éste volverán a ser las primitivas salvo el caso de que a consecuencia de la solicitación suplementaria se haya producido una deformación permanente.

Si los dos pistones del pulsómetro avanzan simultáneamente en sus cilindros respectivos, su acción se suma siendo por consiguiente doble de la que hubiera ejercido uno solo — Si contrariamente, se mueven en sentido opuesto el aceite rechazado de uno es recibido por el otro sin que en el cilindro de la máquina de ensayo se produzca ninguna solicitación suplementaria — Si, finalmente uno de los pistones del pulsómetro inicia su avance antes de que el otro haya terminado su carrera, en el sentido opuesto, su acción se anula parcialmente

y la cantidad de aceite enviada al cilindro de la máquina de ensayo y devuelta luego al pulsómetro dependerá de la diferencia de tiempo en la iniciación del moviviento de los dos pistones. Esta diferencia se obtiene variando el ángulo que forman entre sí los cilindros del pulsómetro. — Al efecto uno de estos cilindros es móvil y puede ocupar todas los posiciones angulares entre 0° y 180°.—Es posible de este modo, variar la cantidad de aceite enviada al cilindro de la máquina de ensayo desde la diferencia hasta la suma de los volúmenes de los dos cilindros del pulsómetro. — Esa diferencia será nula cuando el ángulo sea de 180° pues en este caso el pulsómetro no manda aceite al cilindro de la máquina de ensayo.

A cada gasto determinado del pulsómetro corresponde una deformación determinada del ejemplar.

Esta deformación se produciría sin variación a cada impulsión del pulsómetro si el cuerpo ensayado fuera perfectamente elástico y si no se produjera pérdida alguna de aceite en todo el sistema de cilindros. — Pero como ninguna de estas condiciones se cumple en la práctica, la cantidad de aceite que vuelve al pulsómetro en cada movimiento es menor que la anteriormente enviada al cilindro de la máquina de ensayo.

Para compensar esta pérdida se emplea una pequeña bomba auxiliar que introduce constantemente en el sistema de cilindros, una cantidad adicional de aceite, algo superior a la que éste en realidad necesita. — El exceso de este aceite es expulsado automáticamente a cada movimiento del pulsómetro, al través de una válvula que se regula de antemano de acuerdo con la presión máxima que se trata de obtener. — Es posible por consiguiente, valiéndose de esta válvula, limitar la carga que debe aplicarse al ejemplar.

Cuando se reduce a cero el gasto del pulsómetro o cuando este es puesto en reposo, la máquina funciona como máquina para ensayo por acción gradual.

El número de esfuerzos ejercidos sobre el ejemplar es indicado por un contador. — Cuando se produce la ruptura del ejemplar se corta un circuito eléctrico deteniéndose el motor.

CAPÍTULO IV

ENSAYOS FÍSICOS

47. **Peso específico.** — Se define el peso específico de un cuerpo, diciendo que es el peso de la materia contenida en un volumen de un centímetro cúbico.

Es indispensable, por consiguiente, que al determinar el peso específico de un cuerpo cualquiera, se haga exclusión absoluta de los huecos, vacíos o poros existentes entre las partículas constitutivas del mismo.

Corresponde a la Física, el estudio detallado de los métodos que deben seguirse para obtener el valor exacto del peso específico. Si todos los ensayos exigieran una exactitud rigurosa, no habría más que recurrir a esos métodos y al empleo de los aparatos e instrumentos de que está provisto todo laboratorio.

En el ensayo corriente de los materiales de construcción basta conocer el peso específico con la aproximación dada por una sola cifra decimal. Para su determinación se emplean generalmente, los aparatos llamados *volumenómetros.*

Un volumenómetro no es más que un frasco de vidrio cuyo cuello se prolonga por un tubo graduado, también de vidrio, dispuesto verticalmente. Se llena el aparato, hasta una altura determinada de antemano, con un líquido en el que no sea soluble la materia a ensayarse y se introduce enseguida un peso dado de la misma.

Si el cuerpo no fuera perfectamente compacto, es decir si tuviera espacios vacíos entre sus partículas, es necesario triturarlo, antes de echarlo en el volumenómetro, hasta reducirlo al estado de polvo, considerándose como tal todo lo que pase al través del tamíz de 900 mallas por centímetro cuadrado.

El aumento de nivel alcanzado en el tubo graduado del volumenómetro, al introducir el cuerpo, corresponde al volumen de la materia sumergida; por consiguiente; para obtener el valor del peso específico no habrá más que dividir el peso

de la materia estimado en gramos, por dicho volumen avaluado en centímetros cúbicos.

Es preciso que durante la operación — que debe ejecutarse rápidamente — se mantenga constante la temperatura del volumenómetro, del líquido que lo llena, del cuerpo que se ensaya y del aire ambiente. Esta temperatura estará comprendida entre 15° y 20° C.

Si no se cumpliera rigurosamente estas condiciones, podría incurrirse en errores graves, pues el aumento de nivel en el líquido del volumenómetro podría estar influenciado por la evaporación o por la dilatación originados por el aumento de la temperatura.

El volumenómetro más usado en el ensayo de los materiales es el de Chatelier et Candlot.

En este aparato, el volumen limitado por dos trazos *a* y *b* hechos sobre el tubo graduado, y que comprende una ampolla mide exactamente veinte centímetros cúbicos.

La parte de tubo situada en la parte superior del trazo *a* está dividida en décimos de centímetro cúbico.

El aparato se llena con el líquido apropiado hasta alcanzar el nivel indicado con la letra *b*. Se introduce enseguida, valiéndose de un embudo cuyo extremo inferior debe llegar hasta algunos milímetros más abajo de la línea *a*, un cierto peso P de la materia cuyo peso específico interesa conocer.

Este peso será variable, según sea la naturaleza del producto que se ensaye, pues debe procurarse que el nivel del líquido se mantenga dentro de la parte graduada del tubo.

Así, por ejemplo, si se tratara de un cemento portland cuyo peso específico es aproximadamente de 3,1 se toma un peso de 63 o 64 gramos.

El nivel del líquido una vez sumergido el cuerpo se elevará en el tubo graduado. El volumen correspondiente V será igual a veinte centímetros cúbicos más el número de centímetros cúbicos y décimos de centímetro cúbico, leído sobre la graduación.

El peso específico estará dado por el cociente: $\frac{P}{V}$

Puede procederse también, del siguiente modo: se pesa una cantidad de polvo y se echa luego en el aparato solamente la cantidad necesaria para que el líquido llegue al nivel indicado por la línea *a*. Se tendrá así que el volumen ocupado por el polvo será exactamente de veinte centímetros cúbicos. El peso de este volumen es igual a la diferencia entre el peso primitivo y el del resíduo no usado.

Este último procedimiento tiene el inconveniente de requerir una doble pesada, lo que aumenta las probabilidades de incurrir en errores.

Es posible determinar usando este volumenómetro, con la aproximación suficiente, el peso específico de las cales, cementos, puzolanas, arenas, carbones, ladrillos, tejas, baldosas, tierras, piedras en general, etc.

Si se tratara de cuerpos absolutamente compactos, bastaría determinar el volumen exacto V valiéndose de una balanza hidrostática y su peso P con una balanza que permita apreciar hasta el centígramo. El cociente $\frac{P}{V}$ será como anteriormente, la constante buscada.

48. **Densidad aparente.** — Se determina la densidad aparente hallando el peso en kilogramos de un volumen equivalente a un decímetro cúbico del cuerpo de que trate, tomado en su estado natural.

En lugar de *densidad aparente*, suele usarse también, principalmente al referirse a cuerpos en estado de polvo, la expresión: *peso por litro*.

Es evidente, después de lo que se ha expresado (47) que en el caso de los cuerpos absolutamente compactos, el peso específico y la densidad aparente tienen un mismo valor. Es suficiente entonces indicar solamente la primera de estas constantes.

Cuando deba ensayarse cuerpos no compactos hay que distinguir dos procedimientos según que el cuerpo se halle o no en el estado de polvo. En el último caso se procede, por medio de balanzas sensibles al centígramo, el peso de una porción del cuerpo, cuyo volumen se aprecia en decímetros cúbicos.

Si el cuerpo tuviera una forma regular, se puede emplear para medir sus dimensiones un compás de corredera, con el que se aprecia fácilmente hasta el décimo de milímetro. Cuando fuera de forma irregular o con ángulos entrantes, ofrece ventajas el uso de la balanza hidrostática. En este caso es necesario que la supeficie del cuerpo sea revestida con un barniz que impida la absorción capilar del agua. Una débil capa de cera fundida que se aplica con un pincel y se extiende luego con los dedos llena satisfactoriamente este objeto.

Previamente a la determinación del peso del cuerpo es indispensable proceder a su desecación. Para ello se le mantiene durante todo el tiempo que sea necesario en una estufa calentada a treinta o cuarenta grados; periodicamente se saca el cuerpo de la estufa y se le pesa. Se considera terminada la operación cuando el resultado de dos pesadas consecutivas sea el mismo.

En el caso de cuerpos en estado de polvo, como las cales, cementos, arenas, etc, la densidad aparente se determina hallando el peso de la cantidad de materia contenida en un recipiente de un litro de capacidad.

El valor de la densidad aparente, varía con el grado de tenuidad del polvo. Los productos provenientes de la trituración de un mismo material son tanto menos densos, cuanto más finos son los granos que constituyen el polvo.

Por consiguiente, para que puedan establecerse comparaciones entre los resultados obtenidos, en distintos ensayos de un mismo material, es necesario que se indique expresamente su grado de tenuidad. A este efecto se puede usar diferentes procedimientos, que estudiaremos después, al ocuparnos de lo relativo a la composición granulométrica.

También ejerce influencia en los resultados, la forma y dimensiones del recipiente empleado para la medida del volumen y la manera de llenarlo. Los resultados no son iguales si se utiliza un recipiente de sección cuadrada o uno de sección circular, como tampoco se llegará a la misma conclusión pesando directamente el volumen de un litro que multiplicando por diez el peso de un décimo de litro.

El tipo normal adoptado es el de un cilindro de un litro de capacidad y de 10 cm. de altura.

La manera de llenar el recipiente influye mucho en el resultado de la experiencia. Si se apisona energicamente el polvo, hasta llegar a su máximo asentamiento, puede obtenerse un aumento en el valor de la densidad aparente, de un 50 % más o menos, sobre el que correspondería en caso de no efectuarse tal operación.

Por estos motivos, ha sido indispensable adoptar procedimientos que permitan proceder exactamente en la misma forma, en todos los casos. Sólo así pueden ser comparables los resultados de este ensayo.

Los principales aparatos que se usan generalmente, son los siguientes: el embudo normal alemán, el tamiz Viallet, el plano inclinado y el embudo normal francés.

El *embudo normal alemán* está constituido por un embudo sostenido por tres pies que lo mantienen a una altura de 10 cm. sobre la medida cilíndrica de dimensiones normales cuyo volumen es exactamente de un litro.

Se facilita el pasaje del polvo por el tubo inferior del embudo, moviendo una varilla vertical de hierro o madera guiada por dos pequeñas varillas transversales dispuestas en forma de cruz.

Se considera terminada la operación, cuando la base del cono que se forma poco a poco en el recipiente aludido alcanza el nivel del borde superior del mismo.

Se quita entonces el exceso de polvo, haciéndo deslizar sobre dicho borde una lámina bien recta que se mantiene en un plano vertical.

Durante toda la operación hay que cuidar que el recipiente no sufra ninguna sacudida o choque.

El embudo normal alemán ofrece algunos inconvenientes en su manejo. Cuando se opera sobre productos muy finamente pulverizados, es difícil conseguir que el pasaje por el tubo inferior del embudo se haga de una manera uniforme.

La varilla vertical aumenta en ciertos momentos la velocidad de salida de la materia produciendo asentamientos desiguales.

El *tamiz Viallet* formado por cien mallas aproximadamente por centímetro cuadrado está colocado en el fondo de un recipiente tronco-cónico que descansa sobre tres piés a una altura de 65 milímetros sobre la medida. Se facilita el pasaje del polvo al través del tamiz con una espátula de madera.

La operación se considera terminada cuando la cantidad de polvo contenida en la medida alcanza el nivel indicado en el caso anterior. Se quita entonces, en la misma forma alli descripta, el excedente de polvo.

El manejo de este aparato no presenta ninguna dificultad, pero los resultados que se obtiene, no son bastante exactos, por cuanto el pasaje del polvo por el tamiz no se efectúa con regularidad, lo que provoca asentamientos desiguales en la medida.

El *plano inclinado* consiste en una lámina de zinc de m. 0. 50 de longitud, inclinada a 45° cuyo borde inferior, que debe mantenerse exactamente horizontal, está situado a un centímetro de altura sobre la medida.

El polvo es vertido suavemente, con una cuchara, sobre la parte más alta del plano inclinado, hasta llenar con exceso la medida. Se quita entonces el excedente, en la misma forma que en los casos anteriores.

Con el fin de eliminar algunos inconvenientes observados, tales como la falta de precisión en el modo de definir la forma en que debe verterse el polvo, la dificultad de llenar la medida por capas uniformes, la incertidumbre del momento en que debe considerarse terminada la operación, etc., los Directores del Laboratorio de la Escuela de Puentes y Calzadas de Paris introdujeron algunas modificaciones a este aparato. Ellas consisten principalmente, en el agregado de un segundo plano normal al primero en cuyo extremo superior se vierte la materia, lo bastante lentamente para que no se produzca ninguna obstrucción en el ángulo de los planos, donde queda un espacio libre de diez milímetros de ancho para el pasaje del polvo. Además los bordes de la parte inferior del primer plano tienen una dirección convergente que permite que el polvo, en su descenso sea guiado hacia el centro de la medida a fin de que esta se llene de modo más uniforme.

El plano inclinado, con estas modificaciones, presenta junto con la ventaja de su extrema simplicidad, la de suministrar resultados muy concordantes.

Este aparato fué muy usado en Francia, después de 1885 en que el Pliego de Condiciones redactado para el suministro de cemento destinado a los trabajos marítimos de los puertos de Calais y Bulogne, lo impuso como obligatorio para la determinación de la densidad aparente de dicho material.

El *embudo normal francés* es, no obstante, el aparato generalmente usado hoy. Se trata de un aparato sencillo, de fácil construcción y manejo y cuyo empleo permite obtener datos absolutamente concordantes ya sea usado por un mismo operador o por varios.

Fué ideado por el Subcomité encargado de las experiencias, dependiente de la Comisión nombrada en 9 de Noviembre de 1891, por el Gobierno Francés, para formular las reglas uniformes a adoptarse en el ensayo de materiales de construcción y para determinar las unidades o términos de comparación.

Dicho Sub-comité trató de conservar las ventajas del tamiz Viallet, eliminando los inconvenientes observados en su empleo.

El resultado obtenido fué, como ya se ha expresado, ampliamente satisfactorio.

El aparato consiste en un embudo de sección circular, que mide dos centímetros de diámetro en su base y quince centímetros de diámetro a una altura de quince centímetros sobre dicha base. A esta altura está colocado un tamiz, constituído por una lámina metálica perforada a razón de 1090 agujeros de dos milímetros de diámetro, por decímetro cuadrado.

El embudo se prolonga en su parte inferior por un tubo cilíndrico de dos centímetros de diámetro y de diez centímetros de altura.

A una distancia vertical de cinco centímetros, medida bajo el extremo inferior del tubo, se encuentra situado el plano horizontal superior de la medida de un litro.

El embudo está sostenido por tres pies, que lo mantienen a la altura fijada, de acuerdo con lo que se acaba de expresar.

La materia en polvo, se vierte sobre el tamiz por pequeñas cantidades: trescientos o cuatrocientos gramos. Se facilita el pasaje con una espátula de madera de cuatro centímetros de ancho.

Se considera terminada la operación cuando el polvo llena la medida en la forma y cantidad indicada al describir el embudo normal alemán.

El excedente de materia se quita del mismo modo indicado allí.

49. **Composición granulométrica.** — Hemos mencionado la influencia que sobre el valor de la densidad aparente de un cuerpo en estado de polvo, tiene el mayor o menor grado de tenuidad de los granos que lo constituyen.

De ahí que sea útil agregar al resultado obtenido en la determinación de la densidad aparente el dato relativo a la composición granulométrica. Solo así podrá apreciarse debidamente la importancia de la cifra representativa de la densidad.

La composición granulométrica se indica expresando las proporciones centesimales en peso, de los granos de dimensiones comprendidas entre límites determinados de antemano. A este efecto se divide previamente la cantidad total de polvo, que debe ensayarse, en varios lotes.

Esta división puede hacerse con tamices o con aparatos en los que una corriente de aire o de agua de velocidad dada, dirigida sobre una parte del polvo permite fraccionarlo en lotes que se pesan luego por separado.

En el caso de los cementos, cales, etc., en que la finura de molienda tiene una gran influencia sobre todas las propiedades físicas y mecánicas del producto, se opera generalmente con tamices cuyas dimensiones han sido determinadas en los Congresos de Ensayos de Materiales.

Los tamices más usados son los siguientes:

1.º) Tamiz de 324 mallas por centímetro cuadrado o sea 18 hilos de mm. 0.20 de diámetro por centímetro lineal.

2.º) Tamiz de 900 mallas por centímetro cuadrado o sea 30 hilos de mm. 0.15 de diámetro por centímetro lineal.

3º) Tamiz de 2.025 mallas por centímetro cuadrado o sea 45 hilos de mm. 0.10 de diámetro por centímetro lineal.

4.º) Tamiz de 4.900 mallas por centímetro cuadrado o sea 70 hilos de mm. 0.05 de diámetro por centímetro lineal.

La Sociedad Inglesa de Ensayo de Materiales por su parte adoptó en 1915 los dos tamices siguientes:

1.º) Tamiz de 32.400 mallas por pulgada cuadrada equivalente a 5.022 mallas por centímetro cuadrado o sea 180 hilos de 0.0018 pulgada de diámetro (mm. 0.046) por pulgada lineal.

2.º) Tamiz de 5.776 mallas por pulgada cuadrada equivalente a 895 mallas por centímetro cuadrado o sea 76 hilos de 0.0044 pulgada de diámetro (mm. 0.112) por pulgada lineal.

En los Estados Unidos de Norte América la Sociedad A. de Ensayos de Materiales formuló en 1917, con la cooperación del Gobierno y la Sociedad A. de Ingenieros Civiles una serie de especificaciones relativas a los ensayos del cemento portland, en las que aconseja el empleo de un tamiz constituído por 79 alambres por centímetro lineal no debiendo en una parte cualquiera del tamiz, de un centímetro de longitud, haber menos de 76 ni más de 82 hilos.

Ninguna abertura entre dos alambres consecutivos paralelos tendrá un ancho mayor de mm. 0.127.

El diámetro medio de los alambres será de mm. 0.053, no aceptándose los que midan menos de mm. 0.048 o más de 0.058.

La W. S. Tyler Company fabrica una serie de tamices que son muy empleados en la actualidad en los ensayos de arenas, gravillas, etc.

En esta serie de tamices la separación de los hilos varía de un tamiz a otro proporcionalmente a la $\sqrt{2}$. Por consiguiente la relación entre las superficies de las aberturas es en cada tamiz igual al doble de la correspondiente al tamiz precedente y a la mitad del que le sigue.

Como base de la escala se tomó el tamiz de 200 mallas por pulgada cuadrada, hecha con hilo de 0.0021 de pulgada de diámetro y aberturas de ancho igual a 0.0029 de pulgada o sea 0.074 de milímetro.

Este tamiz responde a las especificaciones del «Bureau o Standards» de los Estados Unidos de Norte América.

Otros dos tamices de la serie Tyler, el de 100 y el de 50 mallas por pulgada cuadrada se ajustan también a los tipos definidos por el «Bureau of Standards»

En el cuadro siguiente se indican las características de estos tamices:

Número de mallas por pulgada²	Ancho de las aberturas en pulgadas Relación: $\sqrt{2}$	Ancho de las aberturas en m. m. Relación: $\sqrt{2}$	Diámetro de los hilos en pulgadas	Diámetro de los hilos en milímetros
—	1.050	26.67	0.149	0.378
—	0.742	18.85	0.135	0.343
—	0.525	13.33	0.105	0.267
—	0.371	9.423	0.092	0 234
3	0.263	6.680	0.070	0.178
4	0.185	4.699	0.065	0.165
6	0 131	3.327	0.036	0.091
8	0.093	2.362	0.032	0.081
10	0 065	1.651	0 035	0.089
14	0.046	1.168	0.025	0.063
20	0.0328	0.833	0 0172	0.044
28	0.0232	0.589	0.0125	0 032
35	0.0164	0.417	0.0122	0.031
48	0.0116	0 295	0.0092	0.023
65	0.0082	0.208	0.0072	0.018
100	0.0058	0.147	0.0042	0.011
150	0.0041	0.104	0.0026	0.007
200	0.0029	0.074	0.0021	0.005

Los tamices que comprenden la escala Tyler incluidos en el cuadro anterior son en general suficientes para todos los ensayos y permiten trazar con la exactitud debida, las curvas que representan un análisis de tamizado.

Sin embargo para el caso de que se desease realizar un ensayo de más precisión sobre polvos muy finos, la misma casa Tyler ha preparado otra serie de siete tamices en los que la separación de los hilos varía con la $\sqrt[4]{2}$.

Estos tamices son los indicados en el cuadro que sigue:

Número de mallas por pulgada²	Ancho de las aberturas en pulgadas Relación: $\sqrt[4]{2}$	Ancho de las aberturas en m. m. Relación: $\sqrt[4]{2}$	Diámetro de los hilos en pulgadas	Diámetro de los hilos en milímetros
65	0.0082	0.208	0 0072	0.018
80	0 0069	0.175	0.0056	0.014
100	0.0058	0.147	0.0042	0.011
115	0.0049	0.124	0.0038	0.010
150	0.0041	0.104	0.0026	0.007
170	0.0035	0.088	0.0024	0.006
200	0.0029	0.074	0.0021	0 005

Antes de usar un tamiz, es necesario verificar cuidadosamente el número de mallas y las dimensiones de los hilos, pues los tamices ordinarios del comercio no satisfacen siempre las condiciones requeridas.

El tamizado se efectúa generalmente a mano, considerándose terminada la operación cuando la cantidad de polvo que pase al traves del tamiz, después de un cierto número de sacudidas o al cabo de un determinado espacio de tiempo no excede de un límite fijado previamente.

Se ha establecido esta convención por que no es posible determinar con una exactitud rigurosa, el total de granos retenidos sobre cada tamiz, pues a consecuencia de la trepidación originada por las sacudidas dadas al mismo, los granos llegan a separar los hilos, de manera que constantemente pasa polvo al través de las mallas.

Es preferible que el tamizado se haga con ayuda de una máquina pues es muy difícil obtener a mano resultados bien concordantes. Debiera establecerse un tipo de máquina simple, robusto, que permita imprimir al tamiz un número de sacudidas determinado en un tiempo dado. (C. de B., 1906).

El aparato que se emplea generalmente consiste en una caja cilíndrica donde están superpuestos varios tamices de manera que se puede efectuar simultáneamente varias determinaciones sobre un mismo o sobre varios productos.

Las sacudidas del tamiz son producidas por una excéntrica accionada por un pequeño motor eléctrico.

Un reloj corta la corriente y para en consecuencia el funcionamiento del aparato una vez terminado el plazo de la experiencia.

Cuando se trata de materiales en que el grosor de los granos excede de mm. 0.5, por ejemplo: las arenas, gravillas, etc., se usa para determinar la composición granulométrica tamices constituídos por láminas metálicas perforadas con agujeros circulares.

Entre los aparatos basados en la acción de corrientes de aire merece citarse, por ser el más usado el de Gary Lindner.

Consiste (fig. 8) en tres anchos tubos de vidrio *a* comunicados entre sí y terminados inferiormente en unas tolvas de vidrio que se reúnen más abajo por medio de unos tubos de caucho. A estos tubos están soldados otros más pequeños que penetran hasta las proximidades del fondo y que sirven para la introducción del aire.

Para efectuar el ensayo, se coloca en la primera tolva *I*, 20 gramos de polvo, previamente desecado, y se insufla en seguida aire, a la presión de 100 mm. de altura de agua. La presión del aire puede regularse con la llave de que está provista cada tolva. La presión se lee en un manómetro al aire libre *c*. Las tolvas *I*, *II* y *III* son puestas en servicio sucesivamente. En cada una de ellas queda al fin de la experiencia una parte del polvo mientras que el más ténue es evacuada por la extremidad del tercer tubo de vidrio y recogida en otro recipiente *IV*.

Cuando el aire bajo presión es producido por un inyector de agua, debe ser secado antes de que entre en las tolvas; a tal efecto se interpone en su recorrido un frasco de Woolf con ácido sulfúrico. Con este aparato es posible, en pocos minutos, fraccionar el polvo a ensayar en cuatro lotes, constituídos por granos de distinto grosor. Hay que observar que, si se trata de materias poco homogéneas, la separación no se hace exclusivamente según el grosor de los granos, pues también ejerce influencia en los resultados las diferentes densidades de los componentes del polvo.

En otros casos, como por ejemplo en el ensayo de arcillas,

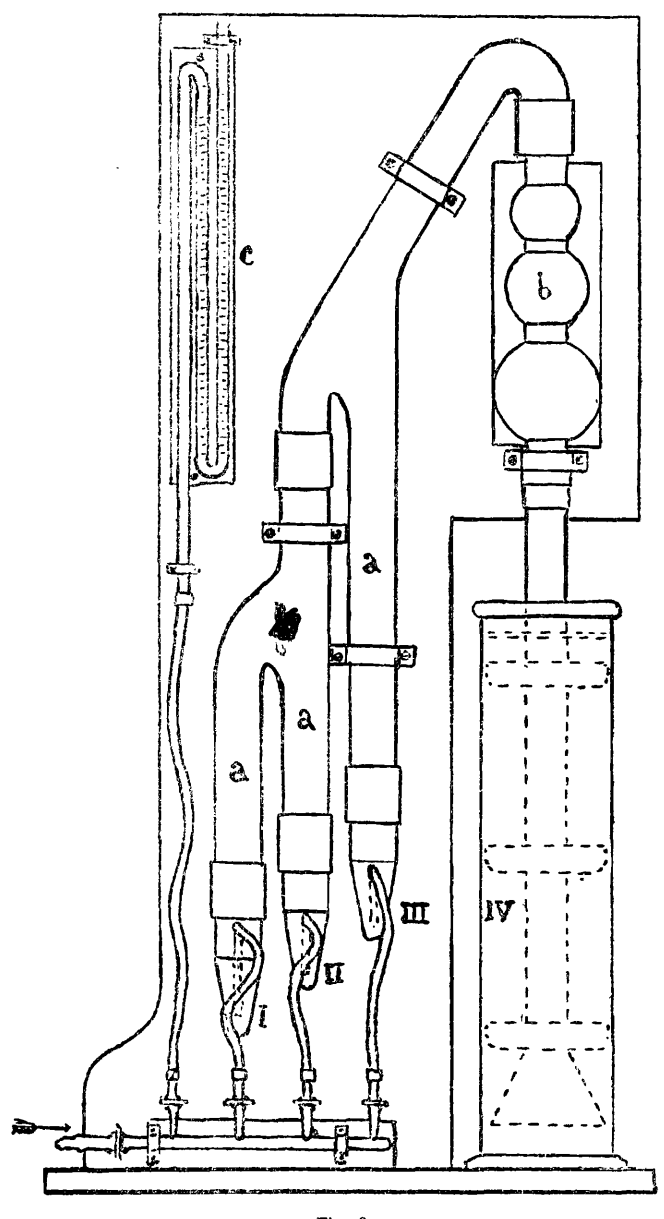


Fig. 8

se sigue generalmente un procedimienno basado en la acción de corrientes de agua de velocidad creciente, que actuando sobre un volumen del mismo líquido, en el que previamente se habrá puesto en suspensión la arcilla, arrastra sucesivamente los granos de más en más gruesos permitiendo de esta manera hacer la clasificación en varios lotes.

Los aparatos más usados, para efectuar ensayos de acuerdo con este principio, son el de Schultze y el de Schöne.

El aparato de Schultze está constituido (fig. 9) por tres vasos de forma cónica y de volumen distinto sobre cuyos bordes están fijados unos anillos metálicos provistos de un tubo de salida.

En cada uno de los vasos hay también un embudo cuyo tubo inferior llega hasta algunos milímetros del fondo del vaso.

Los tres vasos están colocados a distinto nivel y en forma tal que el tubo de salida de cada uno queda exactamente sobre el embudo del siguiente.

Para efectuar un ensayo se toma treinta gramos de arcilla que se pesan en estado seco; se les mezcla en seguida con un volumen de 100 o 150 centímetros cúbicos de agua. Se hace hervir durante algún tiempo la mezcla, reemplazando el agua evaporada y una vez que toda la arcilla esté bien disgregada y en suspensión se le introduce en el más pequeño de los tres vasos que es el que ocupa la posición superior.

Por medio de un frasco de Mariotte, se hace entonces caer agua en el embudo del vaso superior, con una velocidad tal, que en este embudo, el nivel del agua se mantenga constante.

Por consiguiente la velocidad de la corriente será máxima en el vaso pequeño y mínima en el vaso más grande.

En estas condiciones quedarán en los vasos productos de grosor decreciente y la parte arcillosa más fina será recogida en un recipiente de mayor capacidad que se coloca a continuación del último vaso. Debe considerarse terminada la operación cuando el agua sale de dicho vaso completamente clara.

Se procede entonces, a recoger previa decantación, la materia contenida en los tres vasos y en el último recipiente, que se pesa una vez seca. Se clasifica en esta forma, la ar-

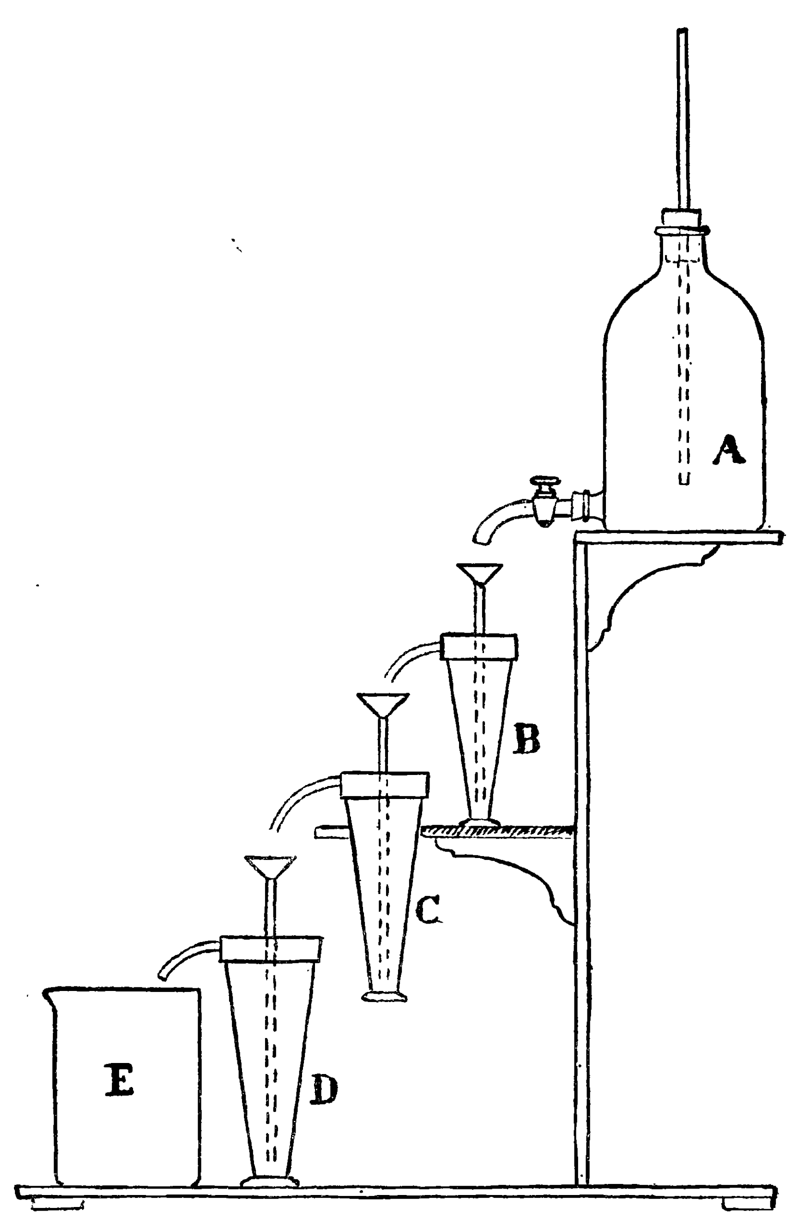


Fig. 9

cilla ensayada, en cuatro partes: arcilla, arcilla arenosa, arena muy fina, arena fina.

Los resultados obtenidos con este aparato, son en general, suficientes en la práctica, pero si se desea obtener resultados más precisos se usa el aparato Shöne, que permite medir exactamente la velocidad de las corrientes de agua.

El aparato Schöne (fig. 10) consiste en un recipiente de vidrio cuya parte superior perfectamente cilíndrica se prolonga inferiormente por un cono muy alargado que termina en un tubo encorvado en semicírculo, que se prolonga verticalmente hacia arriba.

Encima de la parte cilíndrica, el aparato se estrecha hasta formar un cuello que recibe un tapón de caucho *a* atravesado por un tubo piezométrico que indica la velocidad de la corriente de agua.

Este tubo está encorvado dos veces a 45º; en la parte inferior del segundo ángulo hay un orificio de salida *c* que mide mm. 1.5 de diámetro. La velocidad del agua en la parte cilíndrica del aparato, se mide por la altura de la columna del agua en el tubo piezométrico.

Para efectuar los ensayos se emplea cuarenta gramos de arcilla seca y pasada al través del tamiz de 900 mallas.

Se mezcla esta cantidad, en una cápsula de porcelana, con agua adicionada de un centímetro cúbico más o menos de lejía de soda que facilita la disgregación de la arcilla. Se hace en seguida hervir la mezcla, agitándola con una varilla de vidrio hasta disgregar perfectamente todas las partículas de la materia.

Se lava después los bordes de la cápsula valiéndose de una piseta, se deja enfriar y se vierte en el interior del aparato Schöne. Se inicia entonces la experiencia, abriendo al efecto la llave que da entrada al agua. Se establece así, una corriente de abajo hacia arriba, que arrastra las partículas mas finas, entra al tubo piezométrico y sale por el orifiicio de salida, a que nos referimos antes (*c*) para ser recogido en un recipiente. Al mismo tiempo permanece sobre (*c*) una columna de agua mas o menos alta según sea la velocidad del agua.

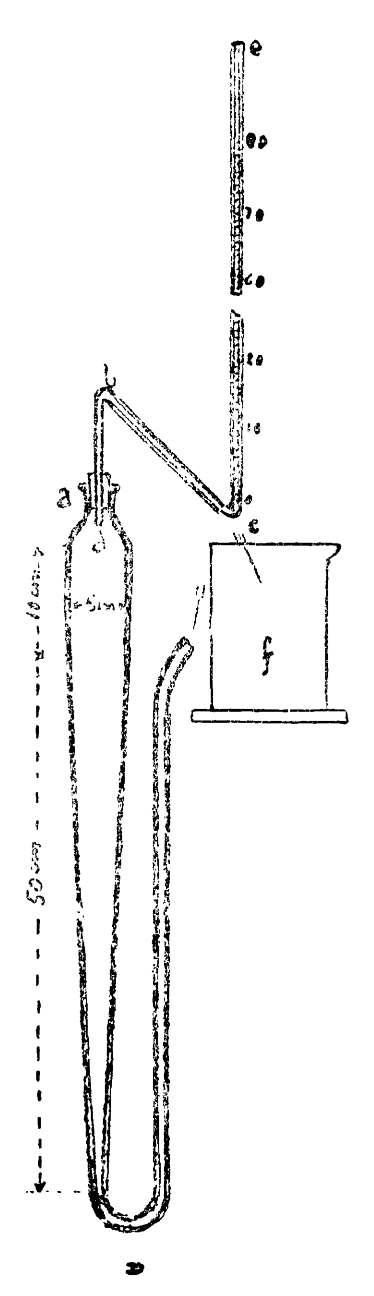


Fig. 10

Se regula la llave de entrada, hasta obtener el nivel, en el tubo piezométrico, que corresponda a la velocidad que se trata de obtener; se continúa operando con esta velocidad hasta que el agua salga perfectamente clara. Cuando esto suceda se aumenta la velocidad, aumentando la entrada de agua, y se sustituye el recipiente *f* destinado a recoger el agua que sale por (*c*).

Se admite que la clasificación de los granos, según las distintas velocidadss es la siguiente:

1.º) Se designa con el nombre de arcilla las partes arrastradas por una corriente cuya velocidad es de mm. 0.2 por segundo; el grosor máximo de los granos debe ser de mm. 0.01.

2.º) Se denomina arcilla arenosa a las partes arrastradas por una corriente de mm. 0.7 por segundo; el grosor de los granos no debe exceder de mm. 0.025.

3.º) Se llama arena pulverulenta a las partes arrastradas por una corriente de mm. 1.5 por segundo; el grosor de los granos debe ser inferior a mm. 0.04.

4.º) Lo que queda en el interior del aparato se designa con el nombre de arena fina, su diámetro varía entre mm. 0.04 y mm. 0.2.

Antes de efectuar un ensayo es preciso tarar el aparato piezométrico, es decir determinar que altura de agua corresponde a cada velocidad. Se puede proceder por cálculo o por experiencias directas.

En estos aparatos, como en el de Gary Lindner, la separación no se hace exclusivamente según el grosor de los granos sino también según sus densidades respectivas.

No obstante los resultados obtenidos permiten llegar a conclusiones muy interesantes, principalmente para apreciar la calidad de las arcillas destinadas a la fabricación de la alfarería fina. Ofrecen también un medio rápido para comprobar la identidad de las distintas capas de un yacimiento o de las diferentes partidas, en el caso de tener que procederse a la recepción de una cantidad de material.

50. **Porosidad.** — Se denomina porosidad a la propiedad que

tienen muchos cuerpos de presentar huecos, vacíos o poros entre sus partículas constitutivas.

Grado de porosdad es la relación entre el volumen de los poros y el volumen aparente del material.

Siendo conocidos el peso específico y la densidad aparente de un cuerpo cualquiera no hay dificultad alguna en calcular exactamente el grado de porosidad.

A tal efecto basta aplicar la fórmula:

$$P = \frac{p - d}{p} = 1 - \frac{d}{p}$$

en la que P representa el grado de porosidad: p el peso específico y d la densidad aparente.

Es evidente, que para aquellos cuerpos que hemos llamado absolutamente compactos la porosidad será nula y el grado de porosidad será igual a cero: lo que resulta, por lo demás, de la fórmula anterior haciendo:

$$p = d$$

Si no se conociera los valores del peso específico y de la densidad aparente, se puede determinar directamente el grado de porosidad.

Designaremos el número aparente del material por V y el volumen lleno por v: el volumen del vacío será entonces igual a: $V\text{-}v$ y el grado de porosidad estará, por consiguiente, representado por:

$$P = \frac{V - v}{V}$$

Medda de V—Este volumen puede determinarse fácilmente; cuando se trata de un cuerpo de forma geométrica regular, se usa para la medida de sus dimensiones un compás de corredera provisto de nónio, con el que puede llevarse la aproximación hasta el décimo de milímetro. Esta aproximación pue-

de considerarse como suficiente, a condición de que el cuerpo no sea demasiado pequeño.

Para evitar los errorres que podrían resultar de las desigualdades en las superficies del cuerpo, se recomienda operar sobre ejemplares de forma aproximadamente cúbica de seis a ocho centímetros de lado.

Si no se dispusiera de trozos de forma gométrica, se determina el volumen, haciendo aplicación del princípio de Arquímides, es decir hallando la diferencia del peso del cuerpo en el aire y en el agua.

Es necesario, que previamente se tenga la precaución de impermeabilizar las superficies del cuerpo revistiéndolas con un barniz aprcpiado. El procedimiento indicado antes (48) puede usarse con ventaja.

La cantidad de barniz que puede rellenar las cavidades superficiales del cuerpo, es demasiado pequeña si la operación se hace prolijamente, para que pueda ejercer influencia apreciable sobre los resultados.

El cuerpo debe ser pesado primeramente en el agua e inmediatamente después en el aire. Se obtiene así, que en el caso de existir en la capa de barniz alguna solución de continuidad que hubiera permitido la absorción de alguna pequeña cantidad de agua, ella quede aprisionada en el interior del cuerpo durante la segunda pesada y la diferencia de peso no resulte, por consiguiente, falseada.

Medida de v—La medida del lleno, no es tan sencilla como la anterior. El mejor procedimiento para obtener la medida de este volumen, consiste también en aplicar el principio de Arquímides. Si P es el peso del cuerpo seco, pesado en el aire y p el peso del mismo impregnado de agua y pesado en el agua: la diferencia entre los pesos: $P-p$ corresponderá al volumen del lleno v.

El problema queda pues reducido a encontrar los valores P y p.

Determinación de P—Se empieza por secar perfectamente el cuerpo a fin de eliminar toda el agua que pudiera estar contenida entre sus partículas.

Esta desecación, se consigue colocándolo en una estufa que se calienta a una temperatura de cuarenta grados más o menos, durante un plazo que puede variar entre dos y veinticuatro horas, según sea la naturaleza del material.

Determinación de p—Para conseguir la imbibición total puede seguirse tres procedimientos: la simple inmersión, el vacío y el agua en ebullición.

La simple inmersión no da generalmente resultados satisfactorios. El aire no es expulsado sino en forma muy incompleta. No obstante, puede mejorarse los resultados haciendo bastante grande la profundidad a que se sumerge el cuerpo, renovando el agua con frecuencia y haciendo durar la operación el mayor tiempo posible. Es conveniente también que el cuerpo sea sumergido progresivamente, pues así se facilita el desprendimiento de las burbujas de aire.

Estos inconvenientes tienen en la práctica, una importancia suficientemente grande para hacer desechar el procedimiento.

El empleo del vacío permite llegar rápidamente a una eliminación casi completa del aire. Se coloca el cuerpo bajo una campana y se produce el vacío a menos de veinticinco milímetros de mercurio, de presión.

Se mantiene el vacío durante un cuarto de hora, al cabo del cual se hace entrar agua en la campana hasta cubrir totalmente el cuerpo. En seguida se comprime el agua a una presión de dos a tres atmósferas. La experiencia demuestra que la imbibicion llega a ser completa después de un espacio de tiempo, variable entre algunos minutos y varias horas, según sea la naturaleza del material, pero siempre antes de un día.

La inmersión en el agua llevada luego al estado de ebullición, es también un medio eficaz, para obtener la impregnación total.

Ofrece la ventaja de ser mas fácil su ejecución que la del vacío, pero presenta el inconveniente de no ser aplicable a ciertos cuerpos que sufren un principio de descomposición al llegar a la temperatura de 100° C.

Los cuerpos deben ser sumergidos progresivamente antes de

exponerlos a la acción del agua hirviendo, a fin de evitar que la parte interna permanezca seca y que se dificulte por consiguiente la entrada del agua.

Es conveniente también, como medio de evitar la producción de deformaciones elevar gradualmente la temperatura del agua, prolongar la ebullición durante unas dos horas y dejar los cuerpos allí, hasta el completo enfriamiento. Se evitará en esta forma, que la condensación de una parte del vapor de agua, contenido en el interior del cuerpo produzca un vacío que sería reemplazado por aire.

La imbibición parece alcanzar su máximo si se deja el cuerpo durante veinticuatro horas en el agua, después de terminadas las dos horas de ebullición.

Finalmente, una vez obtenida la imbibición del cuerpo por cualquiera de los métodos que acabamos de indicar, sólo resta pesar el cuerpo en el agua y el resultado obtenido será el factor p necesario para la determinación del lleno.

51. **Permeabilidad.** — Permeabilidad es la propiedad que tienen algunos materiales de permitir el paso de los flúidos, líquidos o gases a través de su masa.

La porosidad de un cuerpo, trae generalmente aparejada su permeabilidad. No hay, sin embargo, proporcionalidad entre ambas propiedades. Dos cuerpos de la misma porosidad pueden tener un grado distinto de permeabilidad. Ello depende del número, tamaño y distribución de los poros. Los poros grandes, facilitan, en la mayor parte de los casos, el paso de los gases.

Los poros pequeños, aunque sean numerosos, oponen una mayor resistencia al paso de los gases, pero por acción de la capilaridad, dejan pasar más fácilmente los líquidos.

Se expresa el *grado de permeabilidad* de un material indicando el volumen de líquidos o gases que lo hayan atravesado por una sección de forma y superficie determinadas, en la unidad de tiempo y bajo una presión dada.

52. **Permeabilidad a los líquidos.** — El líquido que se utiliza generalmente en los ensayos, es el agua. La forma más conveniente para los ejemplares, es la de un cilindro de sección

circular. Se dirige entonces el líquido en la dirección del eje del cilindro.

Se usa también, no obstante, la forma cúbica. Tiene ésta el inconveniente de que los distintos puntos de la superficie se encuentran a distancias desiguales del eje, según el cual debe colocarse el tubo de conducción del agua bajo presión.

Pero ofrece en compensación, la ventaja de que son más fáciles de tallar las formas cúbicas o prismáticas que las cilíndricas, factor que es muy necesario tener en cuenta cuando se trata de piedras duras, de morteros ya endurecidos, etc.

Uno de los dispositivos que se emplea para determinar la permeabilidad es el siguiente: Se acopla a una de las caras del cubo o del cilindro un tubo de vidrio, graduado, de m. 0.035 de diámetro y de m 0.50 de altura. Para hacer perfecta la unión puede emplearse un mortero de cemento y arena. Previamente, es preciso limpiar prolijamente la superficie del cuerpo. El tubo debe quedar en posición vertical. Se llena en seguida de agua hasta una altura determinada, según las condiciones de la experiencia y la naturaleza del material. Es conveniente operar sobre cuerpos en estado de imbibición total, que se mantienen durante el ensayo de permeabilidad sumergidos en un recipiente con agua. De otra manera, los resultados del ensayo podrían hallarse afectados por errores provenientes de la influencia de la capilaridad y de la evapoción en la superficie del cuerpo.

El resultado del ensayo se expresa por la cantidad de agua que hubiera atravesado la masa del cuerpo en la unidad de tiempo: ésta puede leerse fácilmente en el tubo graduado.

Cuando quiere someterse el cuerpo a presiones mayores, se une el extremo superior del tubo de vidrio con un tubo de caucho que lo pone en comunicación con un recipiente que se coloca a alturas variables.

También puede comunicarse con una bomba impelente provista de un manómetro que indicará con exactitud las presiones.

Se usa además con el mejor resultado el aparato Tetmajer en el cual el cuerpo, que debe ser sometido a ensayo, está

colocado a manera de diafragma en el interior de una caja de fundición, que queda así dividida en dos partes.

Por la parte inferior llega el agua impulsada por una bomba con manómetro. El agua tiende a pasar al través del cuerpo, a llenar la cavidad superior y ascender por un tubo graduado.

Leyendo en este tubo, el nivel del agua al principio y al fin de la experiencia se tendrá, por diferencia, la cantidad de agua filtrada a través del cuerpo durante el plazo que se hubiera fijado para el ensayo.

En el Instituto de Ensayo de Materiales, se ha construído un aparato basado en el mismo principio que el aparato Tetmajer y que permite efectuar hasta seis ensayos simultáneos.

En los ensayos de permeabilidad, sea cual fuere el procedimiento o el aparato que se use no debe anotarse resultados mientras el régimen, que se establece al someter el cuerpo a la acción del agua no sea normal.

Para abreviar la duración del ensayo es conveniente operar sobre cuerpos en estado de imbibición total; se consigue así regularizar el régimen, casi desde el principio de la experiencia.

Es conveniente también, usar exclusivamente agua destilada para evitar que las impurezas contenidas en el agua corriente lleguen, al cabo de cierto tiempo, a producir la oclusión de los poros y por consiguiente a hacer impermeable el material.

53. **Permeabilidad a los gases.** — El estudio de esta propiedad presenta un interés especial desde el punto de vista de la higiene de las habitaciones.

Los primeros ensayos a este respecto fueron efectuados por Pettenkofer y continuados luego por Marker, Lang, Overkeck Meyer, Fodor, Poincarré, Layet, Hudelo, Somasco, etc.

Se discute entre los higienistas si hay o no conveniencia en que los materiales de construcción sean permeables a los gases. Este punto, será ampliamente tratado en el curso de «Ingeniería Sanitaria». No nos corresponde, por consiguiente, insistir sobre esa faz de la cuestión.

Nos limitaremos a tratar la forma en que se efectúa los ensayos para la determinación de esta propiedad.

Al efecto vamos a describir un dispositivo muy sencillo ideapor Somasco, que permite apreciar con la exactitud deseable el grado de permeabilidad a los gases, de los diferentes materiales generalmente usados.

La fig. 11 indica la forma en que se dispone la experiencia, Somasco fija por unidad de superficie de transmisión, un

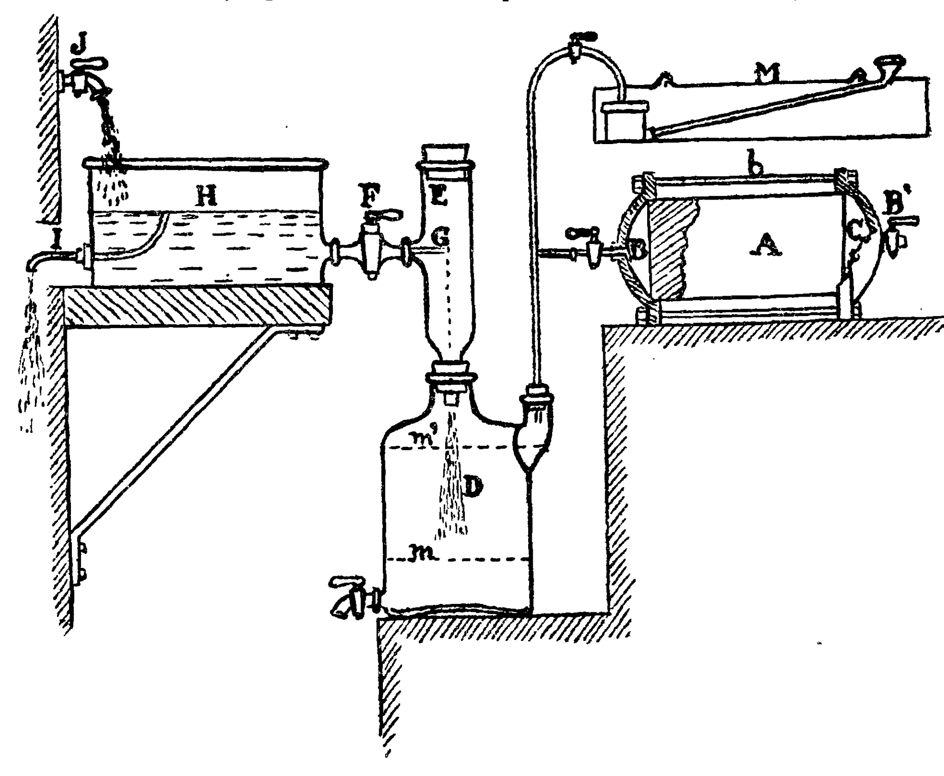


Fig. 11

círculo de m. 0.10 de diámetro; por unidad de volumen del gas que debe atravesar el cuerpo: diez litros; y por base de medida el tiempo necesario para que dichos diez litros de gas pasen al través de un cilindro impermeabilizado según sus generatrices y permeable en las dos bases, construido con el material que corresponda. La experiencia se efectúa bajo presiones constantes y determinadas.

He aquí la indicación de las partes constitutivas del aparato Somasco:

A.—Cilindro construido con la materia a ensayarse. Debe medir exactamente m. 0.10 de diámetro y una altura variable según la experiencia. El cuerpo está cuidadosamente revestido en toda su parte cilíndrica por una pintura impermeable obtenida, ya sea con colodión o con tres capas superpuestas de aceite de lino cocido. Las dos bases, deben al contrario, ser limpiadas perfectamente antes de cada experiencia.

B, *C.*—Dos casquetes semiesféricos de hierro, reunidos por sus bases por medio de bulones de presión *b*. Los dos casquetes cubren el cilindro *A* con el que están unidos por una pequeña cantidad de mastic de cerusa.

Los dos casquetes de hierro, están impermeabilizados también, mediante una cocción de aceite de lino. Cada uno de ellos está atravesado por un tubo provisto de una llave *B*, *B'*.

D.—Frasco de vidrio cuyo volumen entre las líneas *m* y *m'* es exactamente de diez litros.

E.—Prolongación del frasco *D*.

H.—Vaso que contiene agua y es alimentado con exceso por la llave *J*; el excedente de agua se elimina por el tubo acodado *I* de un gasto mayor que la llave *J* y por el tubo de pequeña sección *G*.

Los tubos *I* y *G* se hallan a un mismo nivel. El tubo *I* debe poder girar de modo que la parte curva del mismo pueda ocupar todas las posiciones, alrededor de un centro situado sobre la línea *I G*, de este modo se gradua el nivel del vaso *H* desde la línea *I G*, hasta la correspondiente a la mayor altura de la parte curva del tubo *I*. En la práctica se da al tubo *I* un acomodamiento de m. 0.03 de altura.

Para empezar la experiencia se llena de agua, hasta la línea *m*, el frasco *D*; se cierra la llave *B'* y se abren las *J*, *F*, *B*; si el aparato funciona bien, no pasarán más que algunas gotas de agua por el tubo *G*. Inmediatamente debe quedar detenido el pasaje del agua por este tubo y el manómetro *M* indicar una presión constante en milímetros de agua.

Al cabo de unos minutos y si se ha comprobado el buen

estado del aparato, de acuerdo con lo expresado, se abre la llave *B'* y la experiencia habrá empezado. Se anota la hora. Se considera terminada la experiencia, cuando el agua contenida en el frasco *D* llegue al nivel *m'*. Se anota entonces nuevamente la hora.

Se tendrá así, determinado en segundos el tiempo necesario para que los diez litros de aire, pasen al través de una sección del cuerpo, que mide m² 0.0078; se deduce enseguida, la cantidad de litros *V* que pasarán por hora, por una sección de un metro cuadrado de la materia en cuestión, aplicando la fórmula:

$$V = \frac{10 \times 36000 \times 10000}{n \times 78}$$

n es el número de segundos resultante de la experiencia.

Somasco dedujo, después de haber ejecutado gran número de ensayos, las siguientes conclusiones generales:

1.º *La cantidad de aire que pasa es sensiblemente proporcional a la presión* Esto evita tener que multiplicar los ensayos, pues es suficiente considerar una presión única.

2.º *La cantidad de aire no es inversamente proporcional al espesor.*

3.º *La cantidad de aire que pasa por el aparato es constante tanto al fin como al principio de la experiencia.* No se ha comprobado la producción de obtrucciones provenientes del polvo que podría encontrarse en suspensión en el aire contenido en el frasco.

54. **Higroscopicidad.** — Se da este nombre a la propiedad, que tienen algunos materiales; de absorber por capilaridad el agua puesta en contacto con cualquiera de sus superficies.

Coeficiente de higroscopicidad es el peso de agua absorbida durante el primer segundo por un prisma rectangular cuya base de un decímetro cuadrado es puesta en contacto con una superficie líquida.

Los primeros estudios de este fenómeno fueron hechos por Poincarré.

Cordeau que efectuó también gran cantidad de experien-

cias, sobre piedras naturales y artificiales, determinó algunas conclusiones de carácter general, que figuran en un trabajo presentado en 1894 a la Comisión Francesa de Métodos de Ensayo de los Materiales de Construcción.

Las principales de esas conclusiones son las que siguen:

1.º Cuando se sumerge en el agua una piedra de constitución homogénea, el líquido sube poco a poco, a alturas proporcionales a la raíz cuadrada de los tiempos: la línea de separación entre la parte seca y la mojada permanece constantemente horizontal.

2.º No ejercen influencia alguna sobre la marcha del fenómeno la forma y las dimensiones de la sección mojada, ni la altura del ejemplar.

3.º Mientras el ejemplar no se encuentra mojado en toda su altura la cantidad de agua absorbida es proporcional a la altura de la parte mojada.

4.º A partir del instante en que la piedra se encuentra mojada en toda su altura, continúa absorbiendo una cantidad de agua proporcional a su volumen. El tiempo que demora el cuerpo en absorber esa cantidad suplementaria de agua, es equivalente al que necesitaría otro prisma de la misma materia, pero de mayor altura que el primero, puesto simultáneamente con este en contacto con el agua, para absorber un volumen de agua igual a dicha cantidad suplementaria.

5.º Las diferentes secciones del cuerpo absorben cantidades de agua que siguen una progresión decreciente de abajo hacia arriba.

6.º Si, de tiempo en tiempo, se interrumpe la experiencia, se observa por este hecho, retardos considerables en la marcha del fenómeno.

7.º Una solución de continuidad horizontal u oblicua, aun siendo muy pequeña, retarda tanto más la subida del agua cuanto mayor sea la parte de sección transversal que ella abarque, una grieta vertical, si es ancha produce los mismos efectos, pero si es lo bastante estrecha para formar un conducto capilar activa la marcha ascendente del agua. En todos estos casos, la línea de separación entre la parte seca y

la mojada no es horizontal durante la primera parte de la experiencia, pero tiende a serlo al cabo de un cierto tiempo.

8.º La evaporación superficial retarda el ascenso del agua y puede llegar a detenerlo completamente. El retardo es tanto mayor y la cantidad de agua absorbida tanto menor cuanto más intensa sea la evaporación.

9.º Si se hace impermeables las caras laterales del ejemplar el ascenso del agua resulta retardado. La cantidad total de agua que absorbe la piedra en este caso y en el anterior cuando llega a estar completamente mojada, es la misma que en el caso ordinario.

10º Una piedra ya húmeda absorbe una cantidad dada de agua, en igual tiempo que la misma piedra, seca, necesitaría para absorber la misma cantidad de agua, a condición de que durante los primeros instantes de la experiencia, se le hubiera hecho absorber por capilaridad una cantidad de agua igual a la que tenía entre sus partículas cuando se encontraba en estado de humedad.

11º Si la piedra está apoyada sobre una base de arena mojada, la marcha del fenómeno es más lenta. El retardo es tanto mayor y la cantidad de agua absorbida tanto menor cuanto menos mojada esté la arena.

12º La subida del agua es menos rápida cuando la piedra so coloca con su lecho de cantera en posición horizontal que cuando este ocupa la posición vertical.

13º Si el agua corre a lo largo de una de las caras verticales de la píedra, el fenómeno se produce en sentido horizontal y es tanto mas lento cuanto menor es la cantidad de agua puesta en contacto con la piedra. La cantidad de agua absorbida es la misma que en el caso anterior. La línea de separación entre la parte seca y la mojada es oblicua; el agua avanza más rapídamente en la parte inferior que en la superior; la oblicuidad es más acentuada cuanto más lento es el desarrollo del fenómeno.

55. **Heladicidad.** — Bajo la denominación de heladicidad, se estudia todos los efectos producidos en un cuerpo, cuando a consecuencia de un descenso de temperatura se produce la

congelación del agua, accidental o permanentemente, contenida en sus poros.

El aumento de volumen que experimenta esa cantidad de agua, desarrolla en el interior del cuerpo una serie de esfuerzos que producirán sobre él distintos efectos. En ciertos casos puede llegar a producirse la total desintegación del mismo.

El estudio de la heladicidad tiene especial interés en cuanto se refiere a las piedras naturales y artificiales, a los cementos, cales, etc.

Uno de los primeros métodos seguidos para el estudio de la heladicidad fué el de Brard. Se basa en el hecho de que una solución salina al cristalizar produce efectos muy semejantes al del agua que se hiela.

Consiste en sumergir un ejemplar del cuerpo a ensayarse, que debe, en lo posible, estar terminado por aristas vivas, en una solución saturada de sulfato sódico.

El ejemplar debe permanecer allí, durante todo el tiempo que sea preciso para obtener su máxima imbibición: generalmente bastan cuatro o cinco horas. Después se le saca del líquido y se le coloca en una corriente de aire a la temperatura de + 15° C. La evaporación del agua hace cristalizar una parte de la sal contenida en el interior del cuerpo. Se lava enseguida el ejemplar con agua destilada, la que arrastrará conjuntamente con los cristales formados, los trozos que se hubieran desprendido del cuerpo.

La relación entre el peso primitivo del ejemplar y la del mismo después de efectuado el ensayo expresa el ***grado de heladicidad.***

Este procedimiento presenta graves inconvenientes. Los efectos originados por la sal al cristalizar, no son para algunos materiales idénticos a los que produce la congelación del agua

En ciertos casos, los resultados obtenidos en la práctica son desfavorables, no obstante haber sido satisfactorios los ensayos efectuados. El caso inverso también puede presentarse.

Por este motivo, se prefiere hoy, someter directamente el cuerpo a temperaturas lo bastante bajas para producir la congelación del agua contenida entre sus partículas.

Este método de ensayo ya fué aplicado por Blümcke, antes del año 1885. Al efecto utilizaba ejemplares de forma cúbica de siete centímetros de lado aproximadamente, que después de pesados en estado seco, eran llevados al estado de imbibición total, para ser en seguida sometidos dentro de un recipiente metálico, a una temperatura de — 15° C que se obtenía con una mezcla refrigerante. El ejemplar se mantenía durante cuatro o cinco horas a esa temperatura, al cabo de las cuales se le sumergia en un baño de agua a + 15° C.

Esta operación era repetida unas 25 veces. La disminución de peso experimentada por el cuerpo, permitía calcular el grado de heladicidad.

Se completaba el ensayo, observando con una lente de suficiente aumento, el estado de las caras y aristas del ejemplar a fin de comprobar la existencia de grietas o desprendimientos.

El método de ensayo adoptado actualmente, en casi todos los laboratorios, es el siguiente: Se empieza por secar el ejemplar a una temperatura comprendida entre treinta y cincuenta grados hasta que su peso permanezca constante. Se produce enseguida la imbibición total, empleando cualquiera de los procedimientos indicados (50), pero con preferencia el del vacío.

En seguida se somete el ejemplar a una temperatura de — 15° C durante cuatro horas. A este efecto, se usan máquinas especiales en las que el enfriamiento es producido por la evaporación del cloruro de metilo, que es posible mantener líquido a la temperatura ordinaria si se le somete a presiones determinadas.

Se les sumerge luego en un baño de agua destilada, a + 15° C donde debe permanecer unas dos horas. Esta operación se repite 25 veces; después de las cuales se vuelve a secar el cuerpo en la estufa, para determinar entonces si ha habido disminución de peso. Se observa además con una lente el estado de las aristas y delas caras.

Braun, estableció una fórmula basada en el esfuerzo de expansión del hielo, la elasticidad, la porosidad y la resistencia

de cada material, con el objeto de fijar un coeficiente numérico que expresaría el grado de heladicidad.

Sin embargo el sistema tuvo que ser abandonado porque los resultados no eran en general lo suficientemente precisos.

56. **Dureza.** — La dureza es definida comunmente, diciendo que es la resistencia que opone un cuerpo a la penetración de otro.

Se ha propuesto diferentes procedimientos para la determinación de esta propiedad.

A fin de facilitar su estudio puede dividirse todos esos procedimientos en tres grupos:

1.º Procedimiento por penetración estática.
2.º Procedimiento por penetración por choque.
3.º Procedimiento por rayado.

Se denomina procedimientos por penetración estática a aquellos en que el ensayo se ejecuta haciendo apoyar sobre el cuerpo un punzón de forma terminal dada y aplicando sobre dicho punzón una carga estática que puede aumentarse gradualmente.

El cuerpo, a su vez, debe descansar sobre una base sólida de mayor superficie que la suya.

Los resultados del ensayo se expresan indicando la profundidad, el ancho, el largo, el diámetro o el volumen de la impresión o huella dejada en el cuerpo por el punzón bajo la acción de una carga determinada, o inversamente la carga necesaria para producir sobre el cuerpo una impresión o huella establecida de antemano.

Los punzones son fabricados con acero duro. Ejerce influencia en los resultados de los ensayos la forma, dimensiones, naturaleza de la superficie y grado de dureza de los punzones.

Por consiguiente, para que los ensayos puedan ser comparables entre sí, es indispensable disponer de una serie de cuerpos de dureza conocida sobre los que se verificará frecuentemente la invariabilidad de los punzones que se tenga en uso.

Han efectuado estudios sobre este procedimiento Calvert y Johnson, Hugueny, Boltone, Middelberg, Kisch, Auerbach, Osmond, Brinell, Martel, etc.

Más adelante, nos ocuparemos detalladamente de las conclusiones obtenidas por Brinell que han permitido implantar un procedimiento rápido de ensayo de metales, en condiciones ventajosas desde el punto de vista de la economía y de la rapidez.

Brinell llegó a determinar ciertas relaciones existentes entre la composición química del cuerpo, la dureza y las propiedades mecánicas.

En los ensayos de penetración por choque, se hace uso de punzones semejantes a los empleados en el procedimiento anterior, pero dejando caer sobre ellos, desde cierta altura un peso determinado. Los resultados se expresan también, midiendo el efecto producido en el cuerpo por un trabajo dado de choque o el trabajo de choque necesario para producir un efecto previamente establecido.

Este método de ensayo, ha sido detenidamente estudiado por el coronel francés Martel quien llegó a las siguientes conclusiones :

a) El volumen de la impresión o huella es proporcional al peso que la produce.

b) El volumen de la misma es proporcional a la altura de caída.

c) El volumen de la misma es independiente de la forma del punzón.

d) La relación entre el trabajo de caída y el volumen de la impresión es constante para un mismo material e independiente de los elementos de ensayo.

e) La resistencia del metal es en cada instante, proporcional al área de la huella.

En lo que se refiere a la mejor forma de proceder en la práctica, para la regularidad de los ensayos, Martel aconseja lo siguiente:

1.º) Un peso de quince kilogramos aproximadamente, y alturas de caídas variables. Como alturas puede fijarse: un metro para los metales duros, acero, hierro, etc.; cincuenta centímetros para el bronce, latón, cobre, etc.; veinticinco centímetros para el estaño, plomo, etc.

2.º) La forma de los punzones debe ser tal que permita calcular fácilmente el volumen de impresión, en función de una sola de sus dimensiones. Debe por consiguiente excluirse el empleo de punzones con aristas curvas.

Los punzones más cómodos son los que tienen ángulos muy obtusos en los dos sentidos, porque producen huellas de mayor superficie a igualdad de volumen y evitan, además, la producción de deformaciones superficiales en los bordes de la huella.

En lo que se refiere a los procedimientos del tercer grupo, hay que distinguir dos casos. En el primero se usa como término de comparación una serie o escala de cuerpos tipos de dureza conocida y en el segundo se hace la comparación con un solo cuerpo tipo.

La utilización de una escala de cuerpos con los que se compara, mediante la operación de rayado el material cuya dureza hay que determinar es el procedimiento empleado en Mineralogía.

Se han establecido muchas escalas. Werner, en sus «Principios de Mineralogía» divide a los cuerpos, por su dureza en cuatro grupos:

a) *Duros*, los que dan chispas con el eslabón; a su vez se subdividen en: 1.º resistentes a la lima, 2.º difícilmente trabajables con la lima; 3.º trabajables con la lima.

b) *Semi-duros*, trabajables con la lima o con el cuchillo, pero que no dan chispas con el eslabón.

c) *Blandos*, que se rayan con el cuchillo, pero no con la uña.

d) *Muy blandos*, que se rayan con la uña.

Mohs propuso la escala conocida con su nombre que ha sido casi unánimemente adoptada en Mineralogía. La escala está formada por los diez cuerpos que se indican a continuación:

1.º) Talco laminoso, conocido con el nombre de talco de Venecia.

2.º) Sulfato de cal prismático; una variedad poco divisible y poco transparente. Las variedades perfectamente transparentes y cristalizadas son en general, demasiado blandas. Se puede sustituir esta variedad de yeso con la sal gema hexaédrica.

3.º) Espato calcáreo romboédrico; una variedad divisible.

4.º) Espato fluor octaédrico; una variedad divisible.

5.º) Apatita; cal fosfatada romboédrica.

6.º) Feldespato laminoso; una variedad divisible.

7.º) Cuarzo; una variedad incolora.

8.º) Topacio prismático; cualquier variedad simple

9.º) Corindon hialino; la variedad de Bengala.

10) Diamante octaédrico.

Según la escala precedente, el ensayo de un material cualquiera se hace tratando de rayar con uno de sus ángulos los tipos de la escala, empezando por los más duros.

Cuando se llega al primero que, sin ninguna especie de dudas se deja rayar, se prueba sobre la lima este tipo, el material dado y el tipo inmediatamente superior, teniendo la precaución de que los ángulos se encuentren en las mismas condiciones.

Se aprecia entonces, por la resistencia que los tres cuerpos ofrecen sobre la lima y por el ruído que resulta de su frotamiento sobre ella, las relaciones recíprocas de su dureza, y se representa la dureza del material ensayado por la cifra del tipo inferior al que se ha comparado, agregando por aproximación la cifra correspondiente a las décimas. El único objeto perseguido al utilizar la lima es, por consiguiente, obtener un medio de comparación que permita subdividir la escala.

Procediendo así puede dividirse en diez partes el intervalo comprendido entre cada dos grados consecutivos. Sin embargo, únicamente en casos excepcionales se lleva la aproximación a mas de 0.5.

Los cuerpos tipos que forman la escala deben ser elegidos de manera que presenten caras planas y brillantes. No deben pulirse artificialmente porque con esta operación pierden, en muchos casos, dureza. En cuanto a los ángulos conviene que sean los mismos en los tipos de la misma forma: ángulos distintos pueden dar resultados muy diferentes.

Leunis completó la escala de Mohs, haciendo notar que la dureza de los cuerpos que forman los dos primeros grados corresponde a la de los materiales que se dejan rayar por la uña. Que la del tercero corresponde a la de una moneda de cobre. Que una hoja flexible de hierro tiene una dureza de 4.5. Que un vaso de vidrio ordinario tiene una dureza de 5.5. Que a una lima corresponde una dureza de 6.5. Que los tres últimos cuerpos de la escala rayan el vidrio y que los dos últimos lo cortan.

Dumas en su tratado de «Química aplicada a las Artes» clasificó los metales por orden de dureza en la forma siguiente:

Mas duro que el acero templado	*Manganeso*
No rayados por el vidrio	*Cromo* *Rodio*
Rayados por el vidrio	*Níquel* *Cobalto* *Hierro* *Antimonio* *Zinc*
Rayados por el espato calcáreo.	*Platino* *Paladio* *Cobre* *Oro* *Plata* *Bismuto* *Cadmio* *Estaño*
Rayados por la uña	*Plomo*
Blandos como la cera a 15° C	*Potasio* *Sodio*
Liquido	*Mercurio*

Gollner propuso que se reemplazara en el estudio de los metales la escala de Mohs por una escala de tipos metálicos. Cada uno de los tipos tendría la forma de un lápiz cilíndrico terminado en punta. Para efectuar un ensayo, se empieza por pulir cuidadosamente una superficie plana del metal cuya dureza se quiere conocer y luego se presentan normalmente sobre ella los diferentes lápices cargados con un peso constante.

La escala da Gollner está constituıda en la siguiente forma:

Plomo dulce puro.

Estaño puro.

Plomo duro.

Cobre recocido puro.

Cobre colado puro.

Bronce dulce (85 °/o Cu. 10 °/o Sn. 5 °/o Zn.).

Fundición recocida.

Hierro pudelado con nervios.

Fundición gris claro de grano fino.

Fundición dura (refundida con el 10 °/o de hierro pudelado).

Acero dulce (0.15 °/o de carbono).

Acero semi-dulce (0.45 °/o de carbono).

Acero duro (0.96 °/o de carbono).

Acero templado.

Bronce duro (83 °/o Cu. 17 °/o Zn).

Mïller utilizó para el estudio especial de los aceros otra escala metálica formada por aceros de cementación, recocidos y templados cuya proporción de carbono crecía de milésimo en milésimo.

Vamos ahora a ocuparnos de los procedimientos en que la determinación de la dureza se hace tomando como término de comparación un solo cuerpo tipo.

Osmond que presentó a la Comisión Francesa de Métodos de Ensayo un trabajo muy completo sobre la determinación de la dureza de los cuerpos, designó a los métodos basados en este principio con el nombre de: *ensayos cuantitativos.*

Los primeros trabajos hechos a este respecto, son debidos a Frankenheim (1829) quien apreciaba el esfuerzo desarrollado por la mano al rayar los cuerpos con puntas metálicas o con ángulos de cristales.

El primer instrumento de medida fué ideado por Seebck y recibió el nombre de *Sclerómetro*. Se compone esencialmente de una punta vertical que actúa normalmente sobre la superficie pulida del cuerpo en ensayo, cargada con un peso determinado y animada de un movimiento de traslación. El Sclerómetro permite aplicar cuatro métodos para la medida de la dureza:

a) Determinación del peso minimo con que es preciso cargar la punta para obtener una raya de cierto ancho.
b) Determinación del ancho de la raya hecha con una punta cargada con un peso constante y animada de una velocidad dada.
c) Determinación de la fuerza tangencial necesaria para arrastrar la punta cargada con un peso dado.
d) Determinar el número de veces que es preciso pasar la punta sobre una misma linea para obtener la primer raya visible. Es entendido que la carga constante de la punta debe ser lo bastante pequeña para no producir dicha raya desde el primer pasaje.

El método a) fué usado por Seebck, Franz, Grailich y Pekarer, Exner, Turner, Keep, etc., quienes idearon aparatos propios y realizaron numerosos estudios sobre esta materia.

El método b) motivó también estudios hechos con aparatos especiales por Pfaff, Martens, Jannetaz, etc.

El método c) fué aplicado por Franz, Hugueny, etc.

El método d) no ha recibido aplicaciones prácticas.

Conclusiones.—Los procedimientos correspondientes al primer grupo, penetración estatica, presentan el inconveniente de suministrar resultados que dependen de diferentes variables. Para que los resultados pudieran ser directamente comparables entre sí, sería necesario fijar por una convención universal todas las variables.

Pero, como, lo hace notar Osmond, nuestros actuales conocimientos teóricos no permiten hacerlo de una manera racional y completa.

Una unificación empírica provisoria sería más fácil en principio, pero el valor de la cifra obtenida sería siempre menos exacto que el alcanzado corrientemente con los. otros procedimientos.

El hecho de que distintos operadores fijen valores completamente discordantes para los mismos materiales ensayados, demuestra en forma acabada la falta de precisión en los resultados obtenidos con este método.

Cabe no obstante, hacer una excepción con el procedimiento de Brinell, que ha aquirido un gran desarrollo en el ensayo de los metales y que permite llegar a conclusiones muy interesantes.

.El procedimiento fundado en la penetración por choque permite obtener resultados relativamente satisfactorios, aunque presenta también ciertos inconvenientes para la medida exacta de las deformaciones, a consecuencia de los fenómenos que pueden producirse bajo la acción de una fuerza que actúa bruscamente.

Finalmente los procedimientos por rayado son de muy difícil reglamentación. Los resultados varían con la temperatura, con la naturaleza de las superficies, con la forma y clase de la punta, con la posición y peso de la misma, etc.

En resúmen: todos los procedimientos usados hasta hoy, para la determinación de la dureza de los materiales ofrecen inconvenientes de distinta índole que hacen imposible la elección de uno que pueda aplicarse oficialmente en todos los casos.

Por consiguiente, se opta por utilizar uno u otro según las circunstancias, teniendo principalmente en cuenta los factores accidentales que hagan su uso más comodo o más práctico.

CAPÍTULO V

ENSAYOS MECÁNICOS

57. **Materiales frágiles y materiales dúctiles.** — Los materiales de construcción se comportan, bajo la acción de las fuer-

zas exteriores de distinta manera según pertenezcan al grupo de los cuerpos frágiles o al de los cuerpos dúctiles.

Asi, por ejemplo, un cubo de granito comprimido entre los platos de una prensa, resistirá a la acción de la carga mientras no exceda de cierto límite. Pasado este, se vencerá de pronto la cohesión del material y se producirá su ruptura en forma instantánea y generalmente estrepitosa.

La forma del cuerpo no sufrirá variaciones apreciables durante todo el desarrollo de la experiencia y sólo con aparatos de una gran precisión podría medirse pequeñas deformaciones producidas bajo la acción de la fuerza exterior.

En cambio, si sometemos una barra de hierro a un esfuerde tracción, observaremos de inmediato, que se produce un alargamiento en la longitud de la barra a la vez que una reducción proporcional en su sección transversal. Si sigue aumentándose el esfuerzo llegará un momento en que se producirá la ruptura. Si ponemos entonces en contacto los dos trozos de la barra y medimos su longitud comprobaremos que ha aumentado aproximadamente en un 25 °/o.

58. **Deformaciones elásticas y permanentes.** — Deformaciones elásticas son aquellas que desaparecen conjuntamente con la fuerza que las produjo.

En el caso de la barra metálica a que nos hemos referido (57) si suspendemos la experiencia, descargando el cuerpo, antes que el esfuerzo haya alcanzado cierto límite variable con la naturaleza del material observaremos que el alargamiento producido bajo la acción de la fuerza, desaparecerá conjuntamente con ésta y la barra volverá a recuperar su primitiva longitud.

Este límite es llamado *límite de elasticidad* y el período durante el cual las deformaciones desaparecen con la carga: *período elástico.*

Pero, si la carga sigue aumentando hasta más allá del límite de elasticidad, se observará al descargar el cuerpo que no desaparece toda la deformación producida, sino que se conserva un alargamiento con carácter estable. A esta deformación se le da el nombre de *deformación permanente.*

No existe ningún cuerpo que sea perfectamente elástico. Por consiguiente, las deformaciones producidas durante el período elástico no desaparecen, en general, totalmente al descargarse el cuerpo. Sin embargo como esas deformaciones que subsisten al desaparecer las cargas que no han superado el límite de elasticidad, son pequeñísimas si se las compara con las deformaciones elásticas y mucho más pequeñas aún si son comparadas con las deformaciones permanentes producidas fuera del período elástico, se ha optado por prescindir de ellas. Si la barra que hemos estado considerando, hubiera sido sometida a un esfuerzo de compresión, habríamos observado los mismos fenómenos pero en sentido inverso: en lugar de alargamientos se comprobarían acortamientos; en lugar de contracción transversal, aumento de sección.

59. **Elasticidad subsiguiente.** — Los ensayos se ejecutan haciendo actuar sobre el cuerpo según la dirección de uno de sus ejes de simetría, y sin que se produzcan oscilaciones, un esfuerzo determinado cuyo valor inicial es igual a cero y que es aumentado gradualmente hasta alcanzar un máximo, variable con la clase de investigación que deba realizarse.

Ese aumento del valor del esfuerzo puede hacerse en más o en menos tiempo. Los resultados no son iguales si el ensayo se hace en pocos segundos, en minutos, en horas o en días.

Ha habido necesidad por consiguiente, de reglamentar la duración media de los ensayos.

Cuando se trata de los materiales generalmente empleados en la construcción, la velocidad del ensayo debe ser moderada, pues de otro modo su influencia sería apreciable. (C. de B. 1906).

Para las barras de hierro y acero, ensayadas a la tracción, se ha convenido en que la duración normal del ensayo variará entre 10 y 20 minutos, según sea la superficie de la sección.

La resistencia de un cuerpo resulta en general más elevada cuando se aumenta la velocidad del ensayo.

Cuando la carga actúa con demasiada rapidez se ha notado además que no se produce de inmediato, toda la deformación que se produciría si el ensayo fuese llevado lentamente. Martens ha enunciado en la forma que se indica en seguida dos

leyes relativas a este fenómeno que se denomina de *elasticidad subsiguiente o de retardo en la acción del esfuerzo.*

1.º Si se abandona el ejemplar a sí mismo después de haber sido cargado, su longitud varía bajo la influencia de esta carga durante segundos, minutos, días y aún semanas.

2.º Del mismo modo cuando se descarga un ejemplar y se abandona a sí mismo su longitud varía también con el tiempo.

60. **Período proporcional.** — Además de la propiedad elástica de que nos hemos ocupado, los cuerpos dúctiles presentan la de que, mientras la carga que actúa sobre ellos no excede de cierto límite, llamado *límite de proporcionalidad,* las deformaciones producidas varían proporcionalmente con el incremento recibido por el esfuerzo.

En otras palabras, que existe un período, que se denomina *período proporcional,* durante el cual la relación entre los esfuerzos y las deformaciones puede ser representada por una línea recta.

Este principio es conocido con el nombre de *ley de Hooke.* Su descubrimiento fué hecho por este investigador antes de 1678 (R. Hooke. Sic tensio ut vis. De potencia restitutiva).

La experiencia ha demostrado, no obstante, que debido a distintas causas, principalmente a la falta de homogeneidad de los materiales, la ley de Hooke no se cumple de una manera absolutamente rigurosa.

Pero, en vista de que las diferencias anotadas son en general de muy pequeña importancia, se ha preferido no tenerlas en cuenta en los casos corrientes.

61. **Ley de invariabilidad de volumen.** — *Cualquiera que sea la deformación sufrida por un cuerpo compacto dúctil bajo la acción de un esfuerzo exterior su volumen permanece constante.*

Tampoco esta ley, por las mismas causas indicadas se cumple de una manera completamente exacta. Se ha observado por distintos investigadorores, diferencias que dada su pequeña importancia, generalmente menores del 1 °/o, no son tenidas en consideración en los casos en que no se requiere una exactitud estricta.

62. **Ley de similitud.** — *Si se somete ejemplares semejantes de un mismo material en el mismo estado a esfuerzos iguales y semejantemente dispuestos, durante un mismo espacio de tiempo, las deformaciones producidas serán semejantes, o lo que es lo igual estarán en la misma relación que la guardada entre las dimensiones primitivas de los ejemplares. El trabajo total gastado será proporcional al volumen del ejemplar.*

Al estudiar en detalle lo relativo a cada clase de ensayo nos ocuparemos de la aplicación de esta ley.

63. **Preparación de ejemplares para los ensayos mecánicos.** — *En general y siempre que ello sea posible, se sacarán los ejemplares de la parte de la pieza en que la calidad que se quiera verificar tenga más importancia en la práctica y sobre todo de los puntos en que deje más que desear.* (C. de B. 1906).

ENSAYOS A LA TRACCIÓN

64. **Consideraciones generales.** — Si sometemos una barra metálica a un esfuerzo de tracción P cuyo valor va aumentando gradualmente, podremos distinguir, observando el ejemplar, cinco períodos perfectamente determinados.

Primer período.—La barra conserva su forma prismática en toda su longitud. Se producirá un alargamiento l dado por la fórmula:

$$l = L' - L$$

en la que L' es la longitud de la barra deformada y L la longitud primitiva de la misma.

La relacióu P/l es una cantidad constante durante todo este primer período que es el llamado *período proporcional.*

Segundo período—La barra continúa con su forma prismática pero las deformaciones aumentan más rápidamente que P. La relación P/l ya no es constante. Es el *período de las grandes deformaciones generales.* En este período empiezan a producirse las deformaciones permanentes. El límite de elasticidad se encuentra en el primero o segundo períodos.

Tercer período—El esfuerzo *P* permanece constante pero las deformaciones continúan produciéndose. Las deformaciones se acentúan en ciertas secciones en que la materia es menos homogénea. Es el *período de las grandes deformaciones locales.*

Cuarto período—En una sección de la barra se produce una contracción extraordinaria; en el resto de la barra no hay más deformaciones. En el punto en que se localiza la deformación la barra presenta la forma de dos troncos de cono

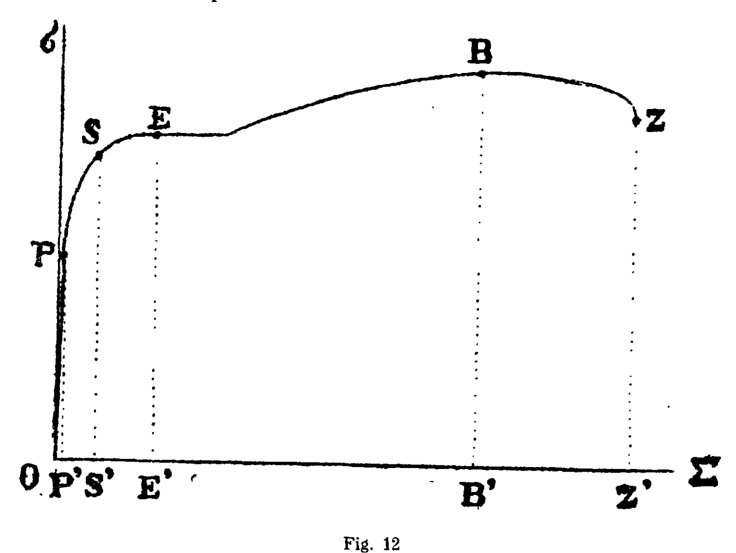


Fig. 12

unidos por su base menor. La carga total decrece primero lentamente y luego bruscamente hasta la ruptura. Es el *período de la estricción.*

Quinto período—El esfuerzo *P* se anula a consecuencia de haberse producido la ruptura en la sección estrangulada.

Si trazamos un diagrama en que los esfuerzos estén representados por las ordenadas y las deformaciones por las abcisas obtendremos una línea semejante a la indicada en la fig. 12.

El primer período está representado por la línea recta *OP*. El punto *P* es el límite de proporcionalidad. El segundo período por la curva *PE.* El punto *E* determina el *límite de ex-*

tensión llamado también *límite aparente de elasticidad*, que puede definirse diciendo que está representado por la tensión a partir de la cual los alargamientos crecen muy rápidamente, a veces instantáneamente para un aumento continuo del esfuerzo.

El tercer período por una línea horizontal *ET*, el cuarto por una curva *TBZ* ascendente hasta *B* y descendente de *B* a *Z*.

Se observará que en el espacio comprendido entre *T* y *B* para incrementos iguales de los alargamientos, los incrementos de la tensión van siendo cada vez menores. A partir de *B* el cuerpo sigue alargándose con tensiones decrecientes.

El punto *B* se designa con el nombre de *tensión máxima* y su valor numérico está dado por la ordenada *B B'*.

El quinto período está representado por una línea recta que partiendo de *Z* sigue una dirección aproximadamente paralela a *OP*.

El punto *Z* se denomina *tensión de ruptura* y su valor numérico es *ZZ'*.

Desde *O* hasta *E* los alargamientos son muy pequeños y para medirlos es preciso recurrir a instrumentos de una gran precisión que permitan llevar la aproximación hasta el milésimo de milímetro.

El punto *S* corresponde al límite de elasticidad; su valor numérico está determinado por *S S'*.

En la fig. 12 se ha adoptado una escala de deformaciones muy grandes para obtener una representación clara de esta parte del diagrama.

En cambio después de *E* las deformaciones pueden medirse con facilidad.

Los puntos *P* y *E* no son en todos los casos, fácilmente determinables. Los diagramas que se obtienen en la prática no presentan generalmente, la nitidez del que estamos considerando, y no permiten por consiguiente que se fije con absoluta seguridad la situación de dichos puntos.

Existen, no obstante, diferentes procedimientos para determinar con cierta aproximación, como veremos después, los límites de proporcionalidad y de extensión.

65. **Módulo de elasticidad**—Llamemos, como antes, P al esfuerzo de tracción ejercido sobre una barra metálica

La longitud primitiva L de la barra se habrá convertido en L'.

El alargamiento producido será:

$$l = L' - L$$

El alargamiento por unidad de longitud será:

$$\varepsilon = \frac{l}{L} = \frac{L' - L}{L} = \frac{L'}{L} - 1$$

En la práctica se indica los alargamientos en tanto por ciento de la longitud primitiva. Es lo que se expresa en la fórmula siguiente:

$$\delta = \varepsilon \times 100 = \frac{l}{L} \times 100 = \left(\frac{L'}{L} - 1\right) \times 100$$

Se da el nombre de módulo de elasticidad a la relación entre la tensión y el alargamiento unitario. Si la sección de la barra es ω la tensión unitaria será:

$$\sigma = \frac{P}{\omega}$$

y el módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{PL}{l\,\omega}$$

64. **Coeficiente de extensión.**—Se designa así, a la extensión que experimenta el cuerpo por unidad de tensión. Este valor está expresado por la fórmula:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{\sigma} = \frac{1}{E}$$

o lo que es igual:

$$\alpha = \frac{l\,\omega}{PL}$$

El valor del módulo de elasticidad y por consiguiente el del coeficiente de extensión, son cantidades constantes para cada calidad de material. Por consiguiente cuando son conocidos, se puede calcular fácilmente los alargamientos que sufrirá una barra bajo la acción de un esfuerzo determinado. Para ello basta multiplicar la tensión por el coeficiente de extensión. En efecto:

$$\varepsilon = \alpha \sigma$$

y si L es la longitud de la barra, como:

$$\varepsilon = \frac{l}{L}$$

se tendrá para valor del alargamiento total:

$$l = \alpha \sigma L$$

Por el mismo procedimiento podría calcularse el esfuerzo que ha producido en una barra un alargamiento determinado.

65. **Contracción transversal.**—Simultáneamente con el alargamiento producido por la fuerza P, se observará una disminución en la sección transversal de la barra.

La sección primitiva ω se transforma en ω'. Esta disminución de sección se expresa por la relación:

$$\frac{\omega'}{\omega}$$

y en el tanto por ciento de la sección inicial por:

$$q = 100 \left(1 - \frac{\omega'}{\omega} \right)$$

Aquí, como en los alargamientos hay que distinguir las deformaciones elásticas y las deformaciones permanentes.

La experiencia enseña que existe una relación entre las

deformaciones elásticas de la longitud y de la sección. Mientras no se exceda los límites de elasticidad y de proporcionalidad esta relación puede expresarse así:

$$\frac{\delta}{q} = m$$

El valor de m está comprendido entre 3 y 4 para la mayor parte de los materiales; es decir, la contracción transversal que se produce bajo la acción de tensiones determinadas varía entre 1/3 y 1/4 de los alargamientos correspondientes.

En estas condiciones o sea dentro del período elástico se originará una variación en el volumen del ejemplar que por unidad de volumen será:

$$n = (1 - q)^2 (1 + \delta) - 1$$

o lo que es lo mismo:

$$n = \left(1 - \frac{\delta}{m}\right)^2 (1 + \delta) - 1$$

68. **Cálculo de las tensiones unitarias.** — Si se deseara calcular las tensiones σ con la mayor exactitud sería indispensable establecer la nueva sección que toma el cuerpo para cada valor de P.

Sin embargo, en la práctica se ha convenido en referir siempre las cargas a la sección primitiva del cuerpo ω.

Este procedimiento es indudablemente el más fácil y cómodo, y puede adoptarse sin mayores inconvenientes por cuanto las variaciones que dentro del período elástico experimenta la sección son muy pequeñas. Por consiguiente, los errores en que podría incurrirse no tienen prácticamente importancia.

69. **Deformación transversal permanente: Estricción.** — Cuando la carga P, supera el límite de elasticidad, el cuerpo experimenta deformaciones transversales permanentes que se produ-

cen de una manera uniforme en toda su longitud, pero cuando P llega a su valor máximo BB' (fig. 12) las deformaciones se localizan en uno o más puntos, produciendo los extrangulamientos que se denominan *estriciones* (fig. 13) y que conducen finalmente a la ruptura en el punto de la barra en que la sección ha llegado a su valor mínimo.

70 **Tensión de ruptura.** — El examen del diagrama (fig. 12)

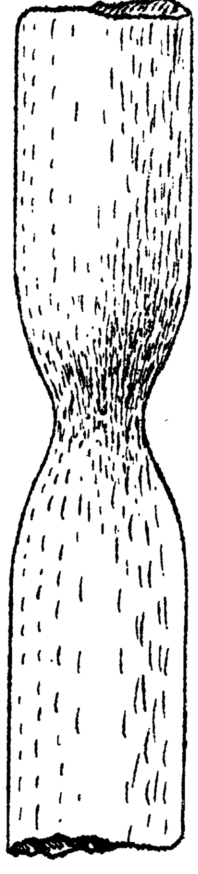


Fig. 13

nos demuestra que en el instante de producirse la ruptura la carga que actuaba sobre el cuerpo tenía el valor ZZ' infe-

rior al que determina el punto B. Tendríamos así una aparente contradicción.

El cuerpo se habría roto bajo la acción de una carga ZZ' que ya había resistido anteriormente, antes de que P hubiera alcanzado su valor máximo BB' y lo que sería más extraño aún, después de haber resistido esta carga BB' sensiblemente superior a la ZZ'.

Pero, teniendo en cuenta que mientras la carga tuvo un valor inferior a PP' la sección transversal ω no sufrió grandes variaciones, en tanto que cuando la carga excedió de BB', a causa de la estrición producida, ω se redujo en forma extraordinaria, se llegará a la conclusión de que los hechos se han producido en la forma en que debían ocurrir fatalmente.

Es evidente que BB' es mayor que ZZ' pero no menos cierto es que

$$\frac{BB'}{\omega} \text{ es menor que } \frac{ZZ'}{\omega'}$$

La tensión real de ruptura es pués:

$$\sigma = \frac{ZZ'}{\omega'}$$

Este valor $\frac{ZZ'}{\omega'}$ puede calcularse exactamente si se mide la sección de ruptura ω'.

Sin embargo, en la práctica se ha convenido en adoptar como valor de la tensión de ruptura el valor dado por la relación:

$$\frac{BB'}{\omega}$$

71. **Trabajo de deformación.** — Todo cuerpo elástico está sujeto a la acción de fuerzas interiores que admiten un potencial y un estado natural del equilibrio.

Cuando actúa sobre el cuerpo una fuerza exterior cualquiera, se forma un nuevo estado de equilibrio y el cuerpo conserva en estado latente una energía potencial igual al trabajo que deberán desarrollar las fuerzas interiores para alcanzar nuevamente su estado natural de equilibrio, una vez desaparecida la fuerza que modificó dicho estado.

Esta energía es llamada ***trabajo de deformación.***

Vamos a considerar nuevamente la barra de que hemos estado ocupándonos.

La fuerza P produjo un aumento de longitud l. Para producir esta deformación fué necesario un trabajo T. El trabajo elemental estará dado por la expresión :

$$P\,d\,l$$

en la que P es función de la deformación. El trabajo total será :

$$T = \int_0^l P\,d\,l$$

que referido a la unidad de volumen será igual a:

$$T_u = \frac{1}{L\,\omega}\int_0^l P\,d\,l$$

El valor de T_u obtenido de esa expresión se llama ***trabajo unitario de deformación*** o ***trabajo específico de deformación.***

Dentro del período elástico el trabajo producido por una fuerza P_0 menor que el límite de proporcionalidad será:

$$T_0 = \int_0^{l_0} P\,d\,l$$

siendo l_0 la deformación producida por P_0. Si recordamos que en el período proporcional:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{l}{l_0}$$

tendremos que:

$$T_0 = \frac{P_0}{l_0}\int_0^{l_0} l\,d\,l$$

y

$$T_0 = \frac{P_0\,l_0}{2}.$$

Si reemplazamos aquí a P_0 y a_0 por sus valores

$$P_0 = \sigma\,\omega \qquad\qquad l = \varepsilon\,L$$

tendremos:

$$T_0 = \frac{\sigma\,\omega\,\varepsilon\,L}{2}$$

y por unidad de volumen:

$$T_u = \frac{\sigma\,\varepsilon}{2}$$

En el caso particular de que P_0 fuese igual al límite de elasticidad la fórmula anterior expresaría el ***módulo de trabajo elástico.***

Examinando el diagrama fig. 12 vemos que el trabajo de deformación durante el período proporcional está dado por el área del triángulo OPP'.

Fuera de este período, como también en el caso de los materiales frágiles y de los que no siguen la ley de Hooke, la integración de la ecuación del trabajo no es posible. En consecuencia para medir su valor hay que medir directamente el área del diagrama.

Prácticamente se ha observado que la relación entre el área del diagrama que podríamos llamar W y la del rectángulo circunscripto varía para un mismo material dentro de límites muy próximos.

Teniendo en cuenta esta circunstancia no es necesario me-

dir directamente el área del diagrama. Es suficiente aplicar la fórmula :

$$T = \Delta\, \sigma_m\, l_m$$

llamando Δ a la relación: entre el área del diagrama que hemos llamado W y la del rectángulo circunscripto:

σ_m y l_m representan respectivamente la abcisa y la ordenada correspondiente al esfuerzo máximo o ***tensión de ruptura*** y el alargamiento máximo o ***alargamiento permanente de ruptura.***

Es evidente que Δ tendrá siempre un valor menor que la unidad.

Una vez determinado Δ para cada material puede calcularse rápidamente, mediante la aplicación de la fórmula anterior, el trabajo de deformación en todos los ensayos que se haga.

Los resultados así obtenidos no serán absolutamente exactos, pero pueden aceptarse sin inconveniente porque los errores serán de muy pequeña importancia.

En cambio, se evita tener que trazar un diagrama para cada ensayo, pues basta con conocer la carga máxima que es registrada por la máquina de ensayo y medir sobre el ejemplar el alargamiento permanente de ruptura.

72. **Fines de un ensayo a la tracción.**—***En los ensayos simples a la tracción se determina: a) el límite aparente de elasticidad (o límite de extensión 64); b) el límite de ruptura; c) el alargamiento de ruptura; d) la estricción en la sección de ruptura. En los ensayos completos se determina además; e) el límite de elasticidad; f) el límite de elasticidad proporcional; g) el coeficiente de extensión o el módulo de elasticidad,*** (C. de B. 1906).

73. **Límite aparente de elasticidad.**—Hemos definido este límite diciendo (64) que está representado por la tensión a partir de la cual los alargamientos crecen muy rápidamente, a veces repentinamente, para un aumento continuo del esfuerzo.

Generalmente, la simple observación del aparato usado para

la medida de los esfuerzos, permite obtener esta determinación con suficiente exactitud.

Cuando se utiliza un manómetro se comprobará que al llegar a dicho límite, se detiene por un instante la marcha de la aguja indicadora, o el ascenso de la columna de mercurio, según sea la clase del instrumento usado. Cuando se emplea una balanza se ve caer el peso correspondiente.

En el diagrama de la fig. 12 está claramente acusado el límite de extensión. Por consiguiente hay ventajas en que, como medio eficaz de comprobación, se haga en todos los ensayos el trazado del diagrama.

Según lo resuelto en el Congreso de Bruxelas: *el límite aparente de elasticidad es la tensión que corresponde a un alargamiento permanente variable entre 0.2 y 0.5* °/o.

La aplicación de este procedimiento, para determinar la constante de que se trata, puede hacerse con relativa facliidad usando una regla dividida en tantos por ciento de la longitud de medida.

Esta regla se coloca al lado del ejemplar y permite apreciar inmediatamente, el instante en que el alargamiento alcanza la magnitud indicada. Anotando entonces la tensión correspondiente se tendrá expresado el valor del coeficiente de que se trata.

Es conveniente que en los ensayos corrientes, el límite aparente de elasticidad sea determinado con un instrumento que permita medir las variaciones de longitud con una aproximación no menor de 0.1 °/o. (C. de B. 1906).

74. **Límite de ruptura.** — *Se designa por límite de ruptura la tensión máxima alcanzada durante el ensayo. La máquina que se use para determinar la tensión de ruptura, o lo que es igual la resistencia a la tracción, deberá estar graduada en forma que permita apreciar las cargas con la aproximación de 50 kgs. por centímetro cuadrado.* (C. de B. 1906).

Todas las máquinas de ensayo tienen dispositivos que registran sin dificultad y con la mayor exactitud, el valor de la tensión de ruptura. No es necesario, por consiguiente, insistir a este respecto.

75. **Alargamiento de ruptura.** — El alargamiento máximo que alcanza una barra ensayada a la tracción se mide poniendo en contacto los dos trozos, — una vez roto el ejemplar — y midiendo entonces su longitud, o bien sumando la longitud de cada uno de esos dos trozos.

La diferencia entre la longitud así obtenida y la longitud primitiva de la barra expresa el alargamiento total.

Conocido este, no hay dificultad en calcular el alargamiento unitario y el alargamiento expresado en tanto por ciento, que es la forma corriente de indicar el resultado de este ensayo.

Ejercen influencia en los resultados, diferentes factores que estudiaremos separadamente a fin de fundar el procedimiento adoptado en definitiva para su medida.

76. **Alargamiento uniforme y alargamiento local.** — El alargamiento total producido en una barra puede considerarse como constituido por dos sumandos.

Uno, el alargamiento de la barra antes de producirse la estrición, el otro, el alargamiento del trozo en que se produjo esta.

Supondremos por ahora, que la medida del alargamiento se hace sobre un trozo de barra de longitud L situado a una distancia lo bastante grande, de los extremos de la barra, para que las mordazas de la máquina de ensayo no ejerzan influencia en las deformaciones que se produzcan allí.

Después tomaremos en cuenta todo lo relativo a este otro factor.

De manera pues, que si llamamos l al alargamiento total: l_u al alargamiento uniforme producido en toda la longitud L: y l_e al alargamiento en la parte correspondiente a la estrición, tendremos:

$$l = l_u + l_e$$

y por consiguiente el alargamiento por ciento:

$$\delta = \delta_u + \delta_e$$

El primero de los sumando l_u , es sensiblemente proporcio-

nal a la longitud L pues durante el período anterior a la estrición los alargamientos se producen de una manera uniforme en toda la longitud de la barra.

Si llamamos β al alargamiento por unidad de longitud el alargamiento l_u en el trozo L será:

$$l_u = \beta \, L$$

y el alargamiento por ciento:

$$\delta = 100 \, \beta$$

El valor de β es constante para cada material. El alargamiento l_e debe ser y la experiencia así lo demuestra, proporcional para un mismo material y para las mismas formas de sección, a las dimensiones de esta y por consiguiente a su superficie.

Se admite de acuerdo con las experiencias de Bauschinger que:

$$l_e = \varphi \sqrt{\omega}$$

siendo φ una constante para cada material y ω la sección del ejemplar.

El alargamiento por ciento se puede expresar así:

$$\delta_e = 100 \frac{l_e}{L} = 100 \, \varphi \frac{\sqrt{\omega}}{L}$$

Por consiguiente el alargamiento total será:

$$l = \beta \, L + \varphi \sqrt{\omega}$$

y en tanto por ciento:

$$\delta = 100 \left(\beta + \varphi \frac{\sqrt{\omega}}{L} \right)$$

En otra barra del mismo material pero de sección ω_1 y de longitud L_1

$$\delta_1 = 100 \left(\beta + \varphi \frac{\sqrt{\omega_1}}{L_1} \right)$$

Pero como δ y δ_1 deben ser iguales por tratarse de barras de un mismo material tendremos que:

$$\frac{\sqrt{\omega}}{L} = \frac{\sqrt{\omega_1}}{L_1}$$

y por consiguiente:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{\sqrt{\omega}}{\sqrt{\omega_1}}$$

De donde se deduce que los valores δ de los alargamientos tendrán el mismo valor en todas las barras del mismo material, si las longitudes de medida son proporcionales a las raices cuadradas de las secciones.

En el caso de barras circulares se hace generalmente:

$$L = 10\, D$$

Siendo D el diámetro de la sección.

De manera que, para barras cuya sección no sea circular deberá tomarse una longitud que se deduce de la fórmula:

$$\frac{10\, D}{L_1} = \frac{\sqrt{\frac{\pi D^2}{4}}}{\sqrt{\omega_1}}$$

y

$$L_1 = \frac{10\, D \sqrt{\omega_1}}{\frac{D}{2} \sqrt{\pi}}$$

$$L_1 = 11.3 \sqrt{\omega_1}$$

La conclusión votada a este respecto por el Congreso de Bruxelas es la siguiente: *Para los metales que se rompen con estrición, la longitud de medida L influye de una manera importante en la magnitud del alargamiento de ruptura. Se determinará L según la fórmula:*

$$L = N \sqrt{\omega}$$

En muchos países se hace N=11.3. En todos los casos se tomará para la longitud así calculada un número entero de centímetros y se indicará el valor de N como índice en la siguiente forma:

$$\delta_{11 \cdot 3} = 10.9 \%$$

A causa de la influencia de forma de la sección sobre la estrición, se adoptará para los ejemplares de sección rectangular, siempre que ello sea posible, un ancho igual a tres o cuatro veces el espesor.

Si debiera operarse sobre un ejemplar cuya longitud fuese menor de la que corresponde según lo que acaba de expresarse, se puede seguir el siguiente procedimiento. Supongamos que la longitud total del ejemplar es L_1 y su sección ω. Llamemos L_2 a la longitud del trozo en que se ha producido la estrición.

Se puede establecer de acuerdo con lo expresado antes:

$$l_1 = \beta L_1 + \varphi \sqrt{\omega} \qquad l_2 = \beta L_2 + \varphi \sqrt{\omega}$$

De donde se deduce:

$$\beta = \frac{l_1 - l_2}{L_1 - L_2}$$

$$\varphi \sqrt{\omega} = \frac{L_1 l_2 - L_2 l_1}{L_1 - L_2}$$

Luego:

$$\delta = 100\left(\frac{l_1 - l_2}{L_1 - L_2} + \frac{L_1\,l_2 - L_2\,l_1}{(L_1 - L_2)\,L}\right)$$

En la que L representa la longitud que hubiera correspondido a la longitud útil en el caso de ser posible obtener:

$$L = N\sqrt{\omega}$$

Este procedimiento indirecto es poco aplicado en la práctica porque cuando se opera sobre ejemplares de muy escasa longitud es difícil elegir dos trozos de longitud lo bastante desigual y que además comprendan por entero la parte deformada por la estrición.

Y no procediéndose así, los resultados tendrán que estar necesariamente afectados por errores de más o menos importancia.

En Francia se ha usado como longitud de medida la deducida de la fórmula:

$$L^2 = \frac{200}{3}\,\omega$$

o sea:

$$L = \sqrt{66.67\,\omega}$$

77. **Ley de similitud.**—La ley de similitud (62) llamada también por Kick, ley de resistencias proporcionales fué enunciada por Barba en los siguientes términos:

Dos ejemplares geométricamente semejantes de un mismo metal sufren, en condiciones idénticas, deformaciones geométricas semejantes bajo la acción de tensiones iguales.

Esta ley fué deducida de numerosas experiencias efectuadas por Barba, Bauschinger, Kick, Martens, etc.

78. **Influencia de las cabezas de las barras y de las mordazas**

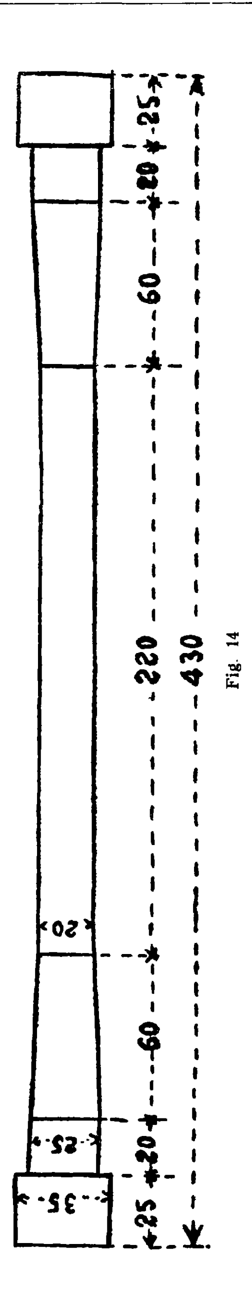


Fig. 14

de las máquinas de ensayo.—Los ensayos a la tracción pueden hacerse sobre barras preparadas de acuerdo con ciertas dimensiones y formas establecidas reglamentariamente o sobre barras comunes cuya sección es uniforme en toda la longitud.

La fig. 14 indica una de las barras citadas en primer término que se denominan: *barras normales*.

Estas barras son utilizadas cuando se desea obtener gran precisión en los ensayos, es decir cuando se desea que no influyan sobre los resultados ciertas causas de error que pueden ser fácilmente evitadas. La forma que se da a las cabezas de estas barras y el dispositivo que se emplea en las máquinas de ensayo, para sostenerlas durante la experiencia, permite conseguir que el esfuerzo de tracción se dirija exactamente según el eje del ejemplar, evitando de este modo que se desarrollen esfuerzos secundarios que podrían afectar la exactitud de los resultados.

Pero, tanto si se emplea estas barras normales como si se usa las barras comunes de sección uniforme, es menester que se tenga en cuenta la influencia que ejerce sobre las deformaciones, las cabezas en el primer caso y las mordazas, con que se fijan en la máquina de ensayo, en el segundo.

Hemos visto, cómo una barra sometida a un esfuerzo de tracción P, al mismo tiempo que se alarga experimenta una disminución en la superficie de su sección.

Prácticamente la existencia de las cabezas o de las mordazas no permite que las secciones extremas se contraigan libremente.

Al no producirse libremente la contracción transversal en esas partes de la barra, es evidente que tampoco se producirá allí todo el alargamiento que se originaría en el caso de no existir tal impedimento.

Es necesario pues, que la longitud de medida L sea ubicada en una parte de la barra en la que no se haga sentir la influencia de las cabezas o de las mordazas.

A fin de evitar la influencia de las cabezas en los ejemplares que estén provistos de ellas o de las mordazas en los otros casos

es preciso que la longitud de la parte prismática o de la comprendida entre las mordazas exceda de la longitud de medida, por lo menos en:

a) Un diámetro en cada extremidad si se trata de ejemplares cilíndricos.
b) Un ancho en cada extremidad si se trata de ejemplares prismáticos.

En las barras de ensayo con cabezas conviene que la transición entre estas y el trozo útil no se haga en forma brusca. Al efecto, deberá intercalarse una parte de forma tronco cónica. (C. de B. 1906).

79. **Influencia del punto en que se produce la fractura.**—La longitud de medida en una barra se limita con dos pequeños trazos que se hacen con una punta de acero duro. Sin embargo, el procedimiento más conveniente y el que se usa hoy en todos los laboratorios consiste en hacer sobre todo el largo de la barra una serie de trazos equidistantes a un centímetro.

Esta serie de trazos puede hacerse con la punta a que nos hemos referido, utilizando una regla graduada o lo que es mejor una plantilla especial. Pero, el procedimiento más ventajoso consiste en emplear las máquinas especiales para dividir barras, de que está provisto todo laboratorio medianamente instalado.

Bien: supongamos que tenemos una barra así marcada, que se ha roto en la parte céntrica a causa de un esfuerzo de tracción.

Podemos trazar un diagrama en la forma que indica la fig. 15 en la que se ha tomado como ordenadas los alargamientos correspondientes a cada uno de los trozos cuya longitud primitiva era de un centímetro.

El alargamiento total de la barra en la longitud de medida L estará dado, por consiguiente, por el área de la parte de diagrama situada sobre aa_1, que corresponde a la longitud L,

Vamos a suponer ahora, que la fractura se produjo fuera

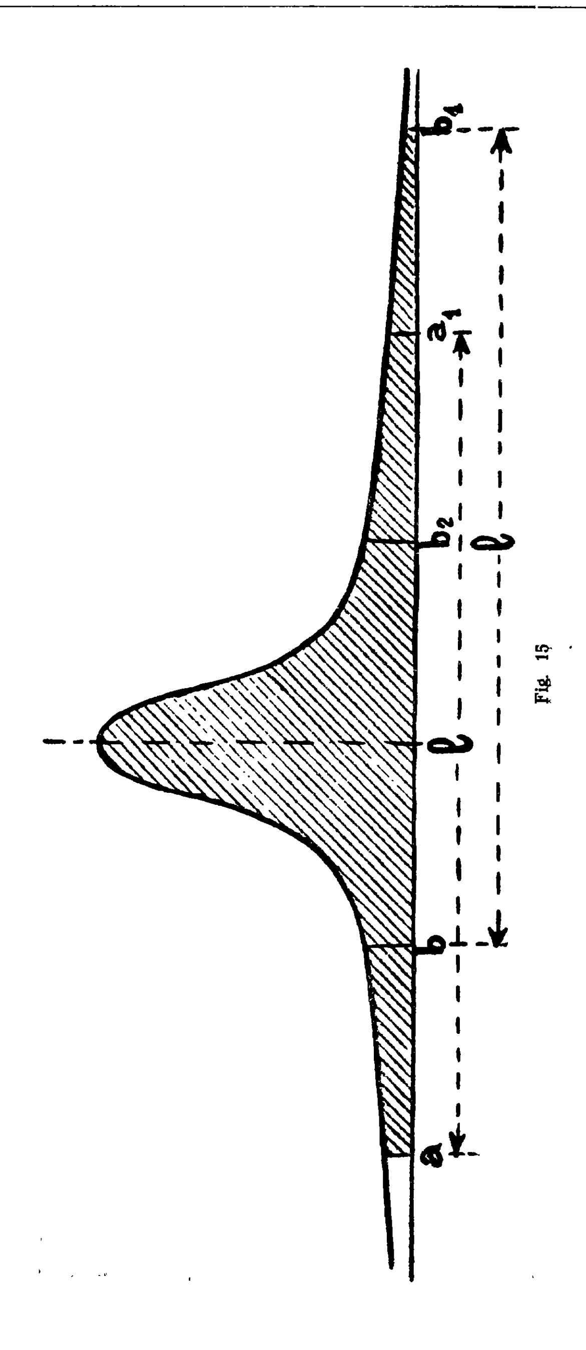


Fig. 15

de la zona céntrica de la barra. El alargamiento estará representado por el área situada sobre $b\,b_1$. Es indudable, que el valor hallado en este caso será menor que en el primero, pues si bien la parte del diagrama sabre ba_1, es común, en cambio la situada sobre $a_1\,b_1$, es evidentemente menor que la situada sobre ab.

Resulta por consiguiente, que es menester tener en cuenta el punto en que se produce la fractura si se desea que los resultados de los ensayos sean concordantes en todos los casos.

Para salvar tal inconveniente, se ha propuesto un procedimiento que consiste en adoptar siempre como valor del alargamiento el que resultaría si la fractura se hubiera producido exactamente en el punto medio.

A este efecto se considera, en vista de la forma simétrica en que se deforma la barra a ambos lados de la sección de fractura, como valor del alargamiento en todos los casos, el del área situada sobre $a\,a_1$.

Cuando la fractura está situada en el centro de la barra es precisamente este, como lo hemos visto, el valor que se obtiene directamente.

En los demás casos hay que reemplazar la parte de diagrama situada sobre $a_1\,b_1$ por la situada sobre $a_1\,b_2$, pues según lo expresado respecto a la simetría de las deformaciones siendo $a_1\,b_1 = ab$; el área sobre $a_1\,b_2$ será igual al área sobre ab.

Al hablar del punto medio o de la parte céntrica de la barra, no debe entenderse que la fractura tiene que encontrarse exactamente en la mitad de la longitud de medida.

Los resultados no varían en forma apreciable, aún cuando la fractura ocupe un punto cualquiera situado hasta una distancia igual a $L/4$ a cada lado del centro.

De lo expuesto resulta, pues, que se puede medir el alargamiento:

« 1.º Midiendo las dos partes de barra comprendidas entre «los contornos de la fractura y los trozos que limitan la longi« tud útil.

« 2.º Midiendo las divisiones marcadas sobre la parte pris« mática o cilíndrica de la barra.

«En el primer caso no se hará la determinación del alar-
«gamiento en aquellos ejemplares en que la ruptura se produz-
«ca en los cuartos extremos de la longitud útil.

« En el segundo caso se podrá siempre medir el alarga-
«miento de ruptura, como si ésta se hubiera producido en el
«medio de la barra, a causa de la simetría casi perfecta de
«las deformaciones a los dos lados de la sección de fractura.

«Si, por ejemplo, la longitud útil correspondiente a la sec-
«ción ($L = N\sqrt{\omega}$) es de 18 cm. habría que medir a los dos
«lados de la sección de ruptura la longitud de nueve divisio-
«nes, cada una de las cuales medía antes del ensayo exacta-
«mente un centímetro. Esta medida se hará a partir del trazo
«de división más próximo a la sección de fractura, agregan-
«do a las dos medidas obtenidas las dos partes de la división
«en que se produjo la ruptura.

«Si la ruptura se produce tan cerca de una extremidad que
«no permita tomar las nueve divisiones sino cinco, por ejem-
«plo, se tomará como longitud de las cuatro divisiones que
«faltan la de las cuatro divisiones correspondientes del otro
«lado de la sección de fractura (C. de B. 1906).

En el caso de barras de sección circular, que es el más frecuente se procede a la medida del alargamiento, poniendo perfectamente en contacto los dos trozos de la barra y midiendo luego la longitud total entre los límites de la longitud útil, cuando la fractura está en la parte central de la barra y en la forma que se indica en seguida cuando la fractura está fuera de esa parte.

Sea, por ejemplo, la barra *AB* (fig. 16): la longitud de medida L es igual a veinte centímetros. Si la fractura se produjo en la sección C distante seis divisiones del trazo que limita a la derecha la longitud útil, procederíamos a tomar la medida del alargamiento del siguiente modo:

$$L_1 = mn + mp$$

Por consiguiente:

$$a = mn + mp - 20$$

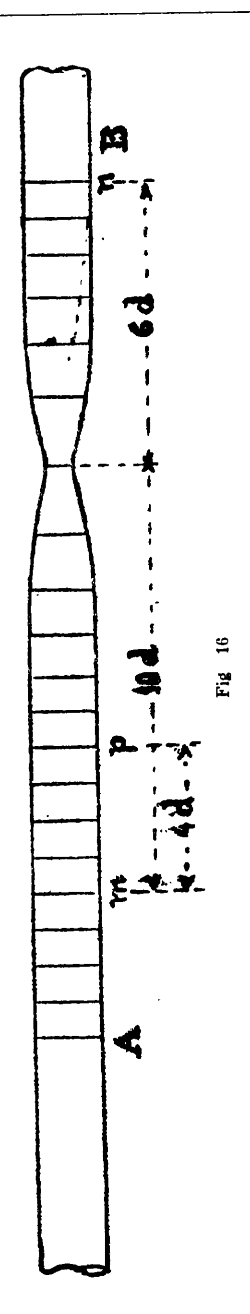


Fig 16

y

$$\delta = \frac{mn + mp - 20}{20} 100$$

En las barras de sección rectangular no es posible poner exactamente en contacto los dos trozos a causa de las deformaciones que se producen en la sección de fractura.

Los estudiantes podrán apreciar prácticamente este hecho en los laboratorios del Instituto.

80. **Estrición de la sección de ruptura.** — Se determina esta deformación, midiendo con la mayor exactitud posible la superficie de la sección de ruptura.

El grado de aproximación que puede obtenerse variará con el grado de precisión de los instrumentos que se use.

Si la barra fuera de sección circular sería suficiente medir el diámetro.

En las barras de sección rectangular, se puede medir la superficie tomando las medidas necesarias para aplicar la fórmula de Simpson:

$$\omega' = \frac{b}{6} (h_1 + 4\, h_2 + h_3)$$

en la que b es el ancho de la barra: h_1 y h_3 los espesores medidos en los extremos, y h_2 en el centro de la sección de ruptura.

Hemos visto (67) que la contracción transversal o estrición se expresa por la relación:

$$\frac{\omega'}{\omega}$$

y en tanto por ciento de la sección inicial será:

$$Q = 100 \left(1 - \frac{\omega'}{\omega}\right)$$

Tanto la medida del alargamiento de ruptura como la de la contracción transversal permiten apreciar la ductilidad del material, pero esta última presenta la ventaja de no depender de la longitud del trozo útil, de no estar influenciada por las cabezas o las mordazas y de no variar con su ubicación, pero ofrece en cambio el inconveniente de que su medida es incómoda y está sujeta a posibles errores debidos a esta misma circunstancia.

La contracción transversal como los alargamientos, se producen de manera uniforme en toda la longitud de la barra, hasta que empieza a producirse la estrición, desde cuyo momento aumenta extraordinariamente en una parte reducida de la misma.

Para apreciar el valor de la contracción transversal uniforme y el de la contracción local habría que proceder en la misma forma indicada para la medida de los alargamientos uniforme y local.

En la práctica no se exige, sino excepcionalmente, la medida de la contracción transversal.

La apreciación de la ductilidad se hace generalmente midiendo el alargamiento de ruptura.

81. **Límite de elasticidad y de proporcionalidad.**—«Los instrumentos de precisión que se usan para determinar los límites de elasticidad y de proporcionalidad deben medir los alargamientos con una aproximación de 0.0005 °/o.

«Se designa por límite de elasticidad la tensión máxima bajo la cual el material puede ser considerado como perfectamente elástico en la práctica. El límite puede fijarse alrededor 0.001 °/o del alargamiento permanente.

«Se designa por límite de proporcionalidad la tensión hasta la cual los alargamientos son iguales para el mismo aumento de tensión, aproximadamente de 100 kgs. por centímetro cuadrado. Durante este intervalo el aumento de longitud será considerado como igual a los precedentes sino difiere de la media entre estos, en más de 0.0005 °/o de la longitud observada.

«Se llama límite aparente de elasticidad a la tensión co-

« rrespondiente a un alargamiento permanente variable entre « 0.2 y 0.5 %.

« Las tensiones correspondientes a los distintos límites de- « berán ser registradas con la aproximación de 10 kgs. por « centímetro cuadrado. (C. de B. 1906) ».

82. **Módulo de elasticidad y coeficiente de extensión.**—Según lo expresado (65) el módulo de elasticidad tiene por valor:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

y el coeficiente de extensión:

$$\alpha = \frac{1}{E}$$

Si volvemos a examinar el diagrama de un ensayo a la tracción (fig. 12) observaremos que dentro del período proporcional el módulo de elasticidad y por consiguiente el coeficiente de extensión tienen un valor constante:

$$E = \text{tg. } a \qquad\qquad \alpha = \text{cotg. } a$$

Cuando la tensión σ excede del limite de proporcionalidad los valores de E y α son variables. Algunos autores denominan módulo de elasticidad media o instantánea, a la tangente del ángulo a_1, formado por el eje de las abcisas y la línea que une el punto considerado del diagrama con el origen: y otros a la tangente del ángulo formado por el mismo eje de las abcisas y la tangente a la curva representativa de la marcha del ensayo, en el punto referido (a_2).

Es evidente, que dentro del período proporcional los tres ángulos a, a_1 y a_2 son iguales.

83. **Fracturas en el ensayo a la tracción.**—En los laboratorios del Instituto, los estudiantes podrán examinar una colección completa de fracturas.

La fractura empieza en la fibra media de la barra. Barba

explica este hecho en la siguiente forma. Un elemento cualquiera de las fibras exteriores *A* (fig. 17) está solicitado por las fuerzas *p* iguales y opuestas que forman entre sí un ángulo, a consecuencia de la curvatura producida por la estrición. Para que exista equilibrio es necesario que las molé-

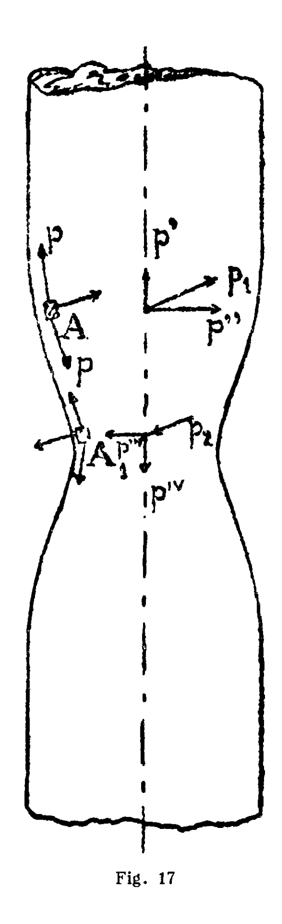


Fig. 17

culas vecinas ejerzan sobre el elemento *A* un esfuerzo que sea igual y opuesto a la resultante p_1 de las fuerzas *p*.

Si se aplica esta consideración sucesivamente a todas las fibras de una sección, se encontrará que la fibra media tiene que soportar una serie de reacciones cuyos componentes *p''*

se destruyen a causa de la simetría con relación al eje de la barra, mientras que las componentes p' se suman y obran en sentido opuesto al esfuerzo de tensión σ o se suman a él según sea la forma de la curvatura de las fibras longitudinales en la sección considerada. De lo expuesto resulta que: al principio de la estrición, la fibra media soporta el esfuerzo más pequeño (menor que σ): que en el punto en que las fibras tienen su tangente vertical la tensión de la fibra media es igual a σ y que en la parte media de la estrición, a causa de invertirse el sentido de las componentes p' la tensión de la fibra media es mayor que σ; y que por consiguiente la ruptura debe empezar en la fibra media.

Es posible observar que las cosas pasan realmente así, tratando de poner en contacto los dos trozos de una barra de sección rectangular.

Además, si se interrumpe el ensayo a la tracción de una barra de sección circular, un instante antes de producirse la ruptura y se liman cuidadosamente los bordes, se verá aparecer un espacio vacío en el centro de la estrición.

Se demuestra practicamente así, la exactitud del razonamiento de Barba.

84. **Costuras longitudinales.** — Al efectuar un ensayo a la tracción se observa algunas veces la producción de una serie de pequeñas grietas normales al eje de la barra. Estas grietas se denominan *costuras longitudinales.*

Se explica este hecho, por la existencia de algunas fibras cuya ductilidad es menor que la del resto del material y que al no admitir por tal motivo una deformación paralela a la de las demás fibras, se rompe en distintos puntos originando dichas grietas.

La falta de homogeneidad del material puede reconocer por causa la existencia en el lingote primitivo de ciertos núcleos de material más duro, que a consecuencia de la operación de laminado se alargan formando fibras de menor ductilidad.

85. **Líneas de Hartmann.** — Si durante un ensayo a la tracción se observa atentamente el aspecto externo de la barra, se puede deducir conclusiones muy interesantes respecto a la

forma en que se produce el deslizamiento de unas partículas sobre las otras mientras se deforma el ejemplar.

Si se trata, por ejemplo, de una barra de hierro, cubierta con una delgada capa de calamita, se observará que ésta empieza a desprenderse desde el instante en que la carga llega al límite de extensión.

Este fenómeno es motivado por el distinto grado de ductilidad de esa capa y del metal y por la relativamente pequeña adherencia entre ambas.

Una barra de hierro, de sección r ectangular, perfectamente pulida, permite estudiar con más detalles la marcha del ensayo. Se observará, en primer termino, que la supeficie primitivamente brillante de la barra comienza por empañarse. En seguida toma un aspecto ligeramente granulado para dar lugar inmediatamente después, a la formación de una serie de líneas o pliegues que forman cierto ángulo con el eje de la barra

Estas líneas son llamadas: líneas de Hartmann, en recuerdo del coronel francés del mismo nombre que realizó experiencias con distintos materiales, llegando a conclusiones muy importantes.

Entre otras se puede citar las siguientes: Una vez excedido el límite de elasticidad aparecen bruscamente sobre las dos caras de una lámina de poco espesor dos sistemas conjugados de deformaciones rectilíneas paralelas. Estas líneas una vez formadas aumentan poco a poco de ancho. El paralelismo de las líneas indica que la dirección de las acciones moleculares es independiente del valor del esfuerzo.

La estrición se produce en la parte en que hay más líneas de los dos sistemas.

Cualquiera que sea el largo, ancho o espesor del ejemplar el ángulo de los dos sistemas es invariable. Este ángulo varía con la materia y tiene los siguientes valores numéricos:

65° en el hierro, zinc y el maillechort (liga de cobre, zinc y níquel).

64° en el platino y estaño.

62° en el cobre rojo.

61° en la plata.

63° en el acero templado de resortes.

58° en el acero recocido.

53° en el plomo.

El aumento de velocidad del ensayo, hace disminuir el número de líneas pero no modifica su orientación.

Los notables estudios de Hartmann pueden estudiarse en las comunicaciones a la Asociación Internacional de Métodos de Ensayo: explican satisfactoriamente la marcha de las deformaciones y han hecho posible, el estudio y explicación de muchos puntos relacionados con la teoría de la elasticidad y de la resistencia de los materiales.

86. **Coeficientes de calidad.** — Se ha propuesto como medio de caracterizar las condiciones de los materiales de construcción el empleo de ciertos coeficientes llamados *coeficientes de calidad.*

En algunos pliegos de condiciones se establece respecto a determinados materiales, que sólo serán aceptados si el coeficiente mencionado está comprendido entre ciertos límites.

Se ha indicado diferentes coeficientes de calidad. Así, por ejemplo, en el de Tetmajer el coeficiente está dado por el producto de la tensión por el alargamiento. Si llamamos C al coeficiente de calidad, el valor numérico del coeficiente de Tetmajer será:

$$C = \sigma \, \delta$$

En el de Wöhler por la suma de la tensión y la contracción:

$$C = \sigma + q$$

En el de Wöhler, reformado, por la suma de la tensión y el alargamiento:

$$C = \sigma + \delta$$

En el de Dormus por el producto del cuadrado de la tensión y el alargamiento:

$$C = \sigma^2 \delta$$

Estos coeficientes pueden representarse gráficamente, por una hipérbola equilátera, una recta inclinada y por una hipérbola cúbica que corresponderían respectivamente a los coeficientes de Tetmajer, de Wöhler y de Dormus.

El empleo de estos coeficientes, sino se les completa con la fijación de un mínimo para cada uno de los valores que intervienen en su formación, presenta el grave inconveniente de que permite el uso de materiales de condiciones muy desiguales.

La tendencia moderna es suprimir los coeficientes de calidad, exigiendo en cambio que estén comprendidos dentro de límites determinados:

a) La carga de ruptura.
b) El alargamiento de ruptura.
c) El coeficiente de extensión o límite aparente de elasticidad.
d) La estricción.

ENSAYOS A LA COMPRESION

87. **Consideraciones generales.**—Al ocuparnos de los ensayos a la tracción hemos debido referirnos especialmente a los materiales dúctiles. El carácter general que deseamos dar al estudio de los ensayos mecánicos nos obligaba a proceder así, por cuanto es al ensayar un cuerpo dúctil, que puede observarse claramente la producción de toda una serie de fenómenos y transformaciones, que pasarían inadvertidos o poco menos, si la experiencia se efectuara sobre un cuerpo frágil.

Por otra parte, el ensayo a la tracción es considerado como

el ensayo clásico en el caso de los materiales dúctiles, de la misma manera que lo es el ensayo a la compresión para los materiales frágiles.

Al efectuar un ensayo a la compresión se puede comprobar, cuando se opera sobre un cuerpo dúctil, la existencia de los mismos períodos y límites que hemos indicado (64) al tratar los ensayos a la tracción.

Si sobre un sistema de ejes coordenados tomamos como abcisas las deformaciones y como ordenadas los esfuerzos obtendremos un diagrama semejante al correspondiente a los ensayos a la tracción.

Este diagrama tendrá una parte rectilínea, — si el material admite un período de deformaciones proporcionales, — continuado por una curva que variará en cada caso particular. La parte rectilínea podrá no existir, cuando no exista el período proporcional, y sólo habrá entonces una curva continua.

De la misma manera, la curva tendrá una caída brusca, como en los ensayos a la tracción, cuando se produzca la ruptura del material o se prolongará indefinidamente si el ejemplar sigue aplastándose sin llegar a romperse.

Este diagrama permite que se determine el trabajo de deformación, el límite de proporcionalidad, el límite de compresión (punto semejante al límite de extensión) etc.

88. **Ruptura de los cuerpos frágiles.**—La ruptura de un cuerpo frágil, tal como una piedra, a consecuencia de un esfuerzo de compresión se produce, no como un verdadero aplastamiento, sino como un deslizamiente de una parte que se desprende cuando la carga alcanza cierto valor variable con la naturaleza del material.

Si se tratara de un cubo, ó de un prisma cuyas dimensiones no se apartaran mucho de la forma cúbica, que es la adoptada generalmente en estos ensayos, se observaría la formación de dos troncos de pirámide unidos por su base menor y cuyas bases mayores serian las dos bases del cubo, puestas en contacto con los platos de la prensa.

La figura 18 indica esta forma de ruptura. El hecho se explica, teniendo en cuenta que la resultante entre el esfuerzo

de compresión, desarrollado por la máquina de ensayo, y la resistencia al rozamiento producida entre los platos de la prensa y las caras del cuerpo puestas en contacto, tiene necesariamente que seguir una dirección oblícua, en la que se produce la ruptura por deslizamiento, cuando dicha re-

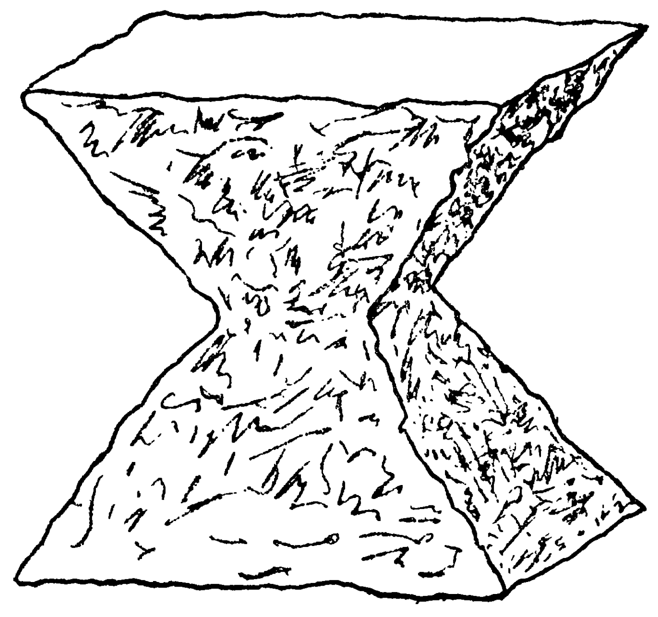


Fig. 18

sultante vence la cohesión del cuerpo, según los planos que han de constituir luego las caras laterales de los troncos de pirámides.

Si no existiera la fuerza producida por la resistencia al rozamiento, la ruptura se produciría en forma muy distinta. En efecto, el esfuerzo de compresión originaría entonces un aumento en la sección transversal del cuerpo que por pequeño que fuese, bastaría por el hecho de tratarse de cuerpos frágiles, para dividir al cubo en una serie de prismas o agujas verticales. Puede comprobarse prácticamente este hecho, sometiendo a la ruptura por compresión, cubos de vidrio o cristal después de haber engrasado, para eliminar totalmente todo ro-

zamiento, las caras puestas en contacto con los platos de la prensa.

89. **Condiciones que deben llenar los ejemplares.**—« Las superficies de los ejemplares deben ser lo más planas posibles, « paralelas entre sí y normales al eje que debe pasar por su « centro. Es conveniente usar la forma cúbica. Cuando no « pueda obtenerse una sección cuadrada se procurará que la « longitud L del cuerpo tenga por valor:

$$L = \sqrt{\omega}$$

siendo ω la sección transversal. (C. de B. 1906)

El tamaño de los ejemplares debe ser determinado teniendo en vista la naturaleza del material y la potencia de la máquina de que se disponga.

90. **Influencia de las superficies de contacto.**—La dureza y el grado de pulimento de los planos que sirven para transmitir el esfuerzo de compresión al ejemplar cuya resistencia se quiere determinar, ejercen extraordinaria influencia sobre los resultados del ensayo.

La comprobación de este hecho puede hacerse con facilidad. Es suficiente para ello intercalar entre los platos de una de las prensas que se usan comunmente para esta clase de ensayos y las bases del ejemplar, láminas de distintos materiales: plomo, cartón, caucho, corcho, madera, etc.

Se observará que cuanto más elástica sea la materia interpuesta tanto menor resultará la resistencia del cuerpo. Además la ruptura se producirá en distinta forma. La materia interpuesta, actuando a manera de cuña entre los granos salientes del cuerpo al rellenar los pequeños huecos que existan en las superficies de este, lo dividirán en una serie de prismas verticales que se desprenderán sin producir el estrépito que caracteriza la ruptura a la compresión de los cuerpos frágiles.

La disminución de la resistencia, cuando se interpone una lámina de plomo de algunos milímetros de espesor puede llegar hasta un 50 %.

En consecuencia, se recomienda que al efectuar los ensayos se prepare cuidadosamente los ejemplares, dando a sus caras un grado de pulimento que haga innecesario, para obtener el reparto uniforme del esfuerzo sobre toda la superficie del cuerpo, el uso de ningún dispositivo auxiliar.

Sin embargo, cuando no fuera posible conseguirlo, puede tolerarse el empleo de una delgadísima hoja de cartón, o lo que es mejor aún, de una pequeña capa de cemento.

91. **Influencia de la forma del ejemplar.**—Hemos visto (89) que se ha reglamentado la forma de los ejemplares, para los ensayos a la compresión, estableciendo que, salvo motivos especiales que lo impidan, es conveniente optar por la forma cúbica.

De las numerosas experiencias ejecutadas por muchos observadores, especialmente por Bauschinger, se ha llegado a la conclusión de que la resistencia unitaria no varía para un mismo material, cuando se opera sobre ejemplares cúbicos, cualquiera que sea su lado, pero a condición no obstante, de que no sean demasiado pequeños, porque en tal caso influirían en los resultados los pequeños defectos provenientes de la falta de homogeneidad de los materiales de construcción.

Para dos prismas de la misma sección la resistencia es mayor en el de menor altura. Se ha observado también, que a igualdad de altura y de área en la base son mas resistentes los ejemplares de forma cilíndrica que los de forma prismática.

Bauschinger expresó en una fórmula los resultados de sus investigaciones y las de Soupflot, Perronet, Rondelet, Vicat, Perrodel, etc, respecto a la resistencia unitaria de las piedras.

Esta fórmula es la siguiente:

$$R = \left(a_0 + a_1 \frac{\sqrt{\omega}}{h}\right) \sqrt{\frac{\sqrt{\omega}}{\frac{p}{4}}}$$

en la que a_0 y a_1 son dos constantes para cada material: ω el área de la base del ejemplar: p el perímetro de la misma y h la altura del ejemplar.

Si el ejemplar fuera de base cuadrada:

$$R = a_0 + a_1 \frac{a}{h}$$

y en el caso de un ejemplar cúbico:

$$R = a_0 + a_1$$

Johnson ha establecido una fórmula para comparar la resistencia de prismas y cubos, habiendo comprobado que la ley se cumple para relaciones de alturas variables entre 0.4 y 5 veces el ancho, límite de sus experiencias. La fórmula es la siguiente:

$$\frac{\text{Resistencia del prisma}}{\text{Resistencia del cubo}} = 0.778 + 0.222 \frac{b}{h}$$

en la que b es la más pequeña dimensión de la base y h la altura.

Debe tenerse presente que los resultados deducidos de las experiencias que efectúan los laboratorios de ensayo de materiales, se refieren a ejemplares comprimidos entre los platos de una prensa, sin interposición de ninguna materia elástica.

En la práctica, con el uso de los morteros que unen entre sí las piedras, ladrillos, etc, puede ocurrir que por demora en el fraguado de dichos morteros, los materiales trabajen en malas condiciones. El mortero podría actuar entonces en la misma forma que las láminas de cuerpos elásticos a que nos referimos antes.

Es preciso, por consiguiente, considerar esta circunstancia para no incurrir en errores que podrían tener consecuencias graves.

92. **Ensayo de ejemplares constituídos por uno o por varios trozos.** — Se ha efectuado experiencias para determinar si los resultados obtenidos serían los mismos en el caso de estar el ejemplar constituido por uno o por varios trozos.

Vicat, Bauschinger y otros observadores estudiaron detenidamente este punto.

Vicat, haciendo experiencias sobre cubos de yeso llegó a a la conclusión de que las resistencias variaban en la siguiente forma:

Para cubos formados de un solo trozo	100
Para cubos formados de dos trozos (prismas) . .	94
Para cubos formados de cuatro trozos (prismas) .	89
Para cubos formados de ocho trozos (cubos). . .	88

En estos ensayos, los trozos que constituían el ejemplar no se unían entre sí por medio de ningún material extraño.

Es interesante el estudio de la influencia que ejerce sobre los resultados, el uso de los materiales que se emplean habitualmente para unir entre sí los distintos trozos de un mismo material.

Según las experiencias de Burchartz, si se designa por 100, la resistencia de un ejemplar constituido por dos medios ladrillos unidos con una pasta de cemento, la resistencia será de:

100 si se emplea un mortero de cemento 1:3.

100 si los dos trozos perfectamente pulidos se ponen simplemente en contacto.

83 si se interpone una capa de cemento en polvo.

78 si se emplea un mortero de cal.

77 si se interpone una capa de arena fina y húmeda.

73 » » » » » » » » » seca.

El espesor de la junta ejerce también influencia sobre los resultados: la resistencia aumenta cuando disminuye su espesor.

Si se emplea mortero de cal, es preciso tener en cuenta, que si la parte interna de las juntas no se ha endurecido en el mismo grado que la externa puede ocurrir que los trozos del ejemplar trabajen a la flexión, en cuyo caso la resistencia resultaría disminuída.

93. **Resistencia de las piedras cargadas parcialmente.**—Interesa saber si la resistencia unitaria de una piedra cuando la

carga actúa sobre toda la superficie de sus bases, es la misma que cuando se aplica solamente sobre una parte de ellas.

Con el objeto de resolver esta cuestión se ha efectuado numerosos ensayos, llegándose a la conclusión de que el valor unitario de la carga de ruptura no varía mayormente por el hecho de que la presión esté localizada en una zona reducida del cuerpo.

Así, por ejemplo, si sobre un cubo A de base S se coloca simétricamente otro cubo menor B de base s, se comprobará que la ruptura se produce cuando la carga transmitida al cubo A por el B alcanza un valor P equivalente al que sería necesario para romper un prisma de base s y de la misma altura que el cubo A.

Resulta por consiguiente, que la cantidad de material que rodea al prisma situado bajo el cubo B no ejerce influencia de importancia en la resistencia unitaria del material que forma el cubo A. No obstante, según Bach, en el caso de un cubo cargado parcialmente sobre una de sus caras, la resistencia unitaria referida al área S sería igual a la resistencia cúbica multiplicada por $\sqrt[3]{\frac{S}{s}}$

Experiencias efectuadas por Durand Claye y por Flamant han demostrado que la resistencia unitaria en una piedra cargada sobre una zona central limitada, puede resultar aumentada en ciertos casos hasta el 1/10.

94. **Ensayos a la compresión de cuerpos dúctiles.** — Hemos dado, hasta ahora, preferencia al caso de los cuerpos frágiles sometidos a esfuerzos de compresión. Prácticamente es lo que realmente interesa, pues se trata del ensayo fundamental para esa clase de materiales.

Es conveniente sin embargo, estudiar también la forma como se comporta un cuerpo dúctil cuando se le comprime en una prensa.

En estas condiciones, se observará muchas veces que no llega a producirse la ruptura. El cuerpo sigue aplastándose

hasta convertirse en un disco cuya altura será tanto menor cuanto más perfecto sea el pulido de los platos de la prensa y cuanto mayor el esfuerzo P aplicado al ejemplar.

Puede estudiarse la forma en que se produce la deformación de los cuerpos dúctiles efectuando la siguiente experiencia. Se dispone uno sobre otro, varios discos de un metal dúctil, por ejemplo plomo, o capas pintadas con distintos colores de una misma materia, por ejemplo arcilla, y se les comprime· Se observará, si se hace una sección vertical al terminar el ensayo, que los dos discos o capas extremas son de forma plano-convexa mientras que el central lo es de forma bi-cóncava. Se reconoce así que el material ha sido rechazado del interior hacia el exterior en las distintas capas. El volumen de cada uno de los discos es el mismo al final que al principio de la experiencia, siempre que se haya operado sobre un material absolutamente compacto.

Esta experiencia explica además la forma de tonel que toma un cilindro de material dúctil al ser sometido a un esfuerzo de compresión.

La ruptura, en el caso de producirse, se manifiesta por una serie de grietas que siguen generalmente, direcciones oblícuas con relación al eje del ejemplar.

Estas grietas son originadas por la resultante entre el esfuerzo de compresión y el esfuerzo de extensión desarrollado como consecuencia de la deformación del ejemplar, a condición no obstante, de que esta resultante alcance un valor suficiente para vencer la resistencia ofrecida por la cohesión de la materia al deslizamiento de unas partículas sobre las otras.

En otros casos, en que la deformación aumenta muy rápidamente las grietas pueden producirse siguiendo la dirección vertical.

Si no llega a vencerse la cohesión de la materia, el cuerpo sigue aplastándose hasta convertirse en el disco a que nos referimos antes.

95. **Ensayos de ladrillos y hormigones.** — Las conclusiones mencionados (98) respecto a los resultados obtenidos al rom-

per por compresión cubos formados por uno o por varios trozos, unidos o no entre sí por intermedio de otra materia y las indicadas (93) para el caso en que la carga actúa únicamente sobre una zona reducida de la base del cuerpo, se aplican principalmente cuando se trata de determinar la resistencia de los ladrillos a la compresión.

El procedimiento que se indica en seguida recomendado por las «Conferencias para la unificación de los métodos de ensayo» es el adoptado hoy por todos los laboratorios.

Se corta el ladrillo con una sierra, en dos mitades que se reúnen luego por intermedio de una delgada capa de mortero de cemento portland. Se tendrá entonces un ejemplar de forma casi cúbica.

Para obtener que las bases superior e inferior de los ejemplares así formados, sean perfectamente planas y paralelas se les coloca sobre una mesa bien plana entre dos tablas cuyos bordes superiores son paralelos a la superficie de la mesa.

Las tablas son comprimidas fuertemente contra los ejemplares. El borde superior de las mismas debe exceder de cm. 0.5 a cm. 1 de la superficie superior de los ladrillos.

Se coloca en seguida sobre los ladrillos una capa de mortero de cemento alisada con una regla que se hace deslizar sobre los bordes de las dos tablas.

Terminado el fraguado se invierte los ejemplares y se prepara la otra base en la misma forma.

Sólo resta después ejecutar el ensayo. Para ello se coloca simétricamente sobre el ejemplar, una plancha metálica de sección cuadrada y de dos a tres centímetros de espesor, cuyo lado debe ser aproximadamente igual a la altura del ejemplar.

El esfuerzo de compresión P es aplicado a esta plancha, la que a su vez lo transmite al ejemplar situado debajo. La ruptura se producirá cuando P alcance el valor necesario para romper el cubo de ladrillo.

Este mismo procedimiento para preparar las bases de los ejemplares formados con las dos mitades del ladrillo, se emplea también cuando se tiene ejemplares de piedras cuyas superficies no son bastante lisas. Se evita así, el tener que

pulir la piedra, operación que ofrece en ciertos casos el inconveniente de modificar las propiedades del material.

Los ensayos sobre hormigones pueden efectuarse sobre cubos preparados con moldes especiales. Hay ventaja en que los cubos sean de las mayores dimensiones compatibles con la potencia de las máquinas de que se disponga, pues efectuadas sobre cubos pequeños conducen a resultados contradictorios.

Generalmente se emplea cubos de veinte centímetros de lado, pero sería preferible operar sobre cubos de mayores dimensiones.

La Comisión de Especificaciones y métodos de Ensayo de Hormigones de la « Américan Concrete Institutión » recomienda que los ensayos a la compresión se hagan sobre ejemplares cilíndricos cuya altura debe ser el doble del diámetro.

Este diámetro no será menor a cuatro veces la mayor dimensión de las partículas del agregado grueso.

Siendo posible se aconseja el uso de cilindros de $0.^{m}20$ de diámetro y $0.^{m}40$ de altura. En la generalidad de los casos como se emplea materiales de pequeñas dimensiones puede utilizarse cilindros de $0.^{m}15$ de diámetro y $0.^{m}30$ de altura, que ofrecen la ventaja de ser más livianos y por consiguiente de facilitar la toma de muestras en las obras.

Son preferibles los ejemplares cilíndricos a los cúbicos por resultar mas homogéneos.

El ángulo teórico de ruptura a la compresión es aproximadamente de 60 grados con la base. En consecuencia para que sea posible la formación de los dos conos, es indispensable que la altura sea doble del diámetro.

Los ensayos hechos en varios laboratorios bajo la dirección de la «American Concrete Institutión» demuestran las variaciones que experimenta la resistencia cuando se hace variar la relación entre la altura y el diámetro. Cuando esta relación es superior a *2* existe muy poca variación en la resistencia pero cuando es inferior a *2* la resistencia aumenta rápidamente.

96. **Ley de similitud.** — Dos ejemplares geométricamente se

mejantes, de una misma materia sufren en condiciones idénticas, deformaciones geométricamente semejantes, bajo la acción de esfuerzos de compresión iguales: tienen también límites iguales de aplastamiento y de ruptura.

La ley de similitud no es aplicable a los cuerpos que no son completamente homogéneos. No rige por consiguiente para las maderas, sino en el caso de que las condiciones de crecimiento en los ejemplares ensayados correspondan exactamente a la ley de similitud.

Martens propuso para los ensayos efectuados por el Laboratorio de Charlottemburg y por la Academia Forestal de Eberswalde, sobre las propiedades de las maderas prusianas, que los ejemplares fueran tomadas de discos situados a diferentes alturas del tronco, con el fin de que se pudiese establecer comparativamente la resistencia a la compresión. Una arista de los cubos debe corresponder a la capa de la corteza y la arista opuesta a la parte central del tronco.

Martens hace notar que las exigencias de la ley de similitud, no se cumplen estrictamente en estas condiciones pero son, dentro de lo posible, tenidas en cuenta. En este caso es preciso además considerar los diferentes tamaños de los cubos.

ENSAYOS A LA FLEXION

97. **Consideraciones generales.** — Las fórmulas que se determinan en el estudio de la resistencia de los materiales, para calcular las tensiones sufridas por las distintas fibras de un cuerpo sometido a un esfuerzo de flexión, se basan en una serie de hipótesis establecidas en el supuesto de que las cargas no excedan, en ningún caso, del límite de proporcionalidad.

Estas hipótesis son las siguientes:

a) Las fuerzas exteriores que actuan sobre el cuerpo se reducen en cada sección a un par de fuerzas.

b) Las fibras de que se supone compuesto el cuerpo no ejercen entre sí ninguna reacción.

c) Las secciones primitivamente planas y perpendiculares

al eje de la barra continuan siendo, después de producida la deformación, planas y perpendiculares a dicho eje.

d) El coeficiente de extensión y el de compresión deben ser iguales y constantes hasta el límite de proporcionalidad.

Como dice Martens, la simplicidad de las fórmulas de que se trata es causa de que se les emplee muchas veces, al efectuar ensayos de materiales, como si fuesen aplicables hasta la ruptura o hasta el período de las grandes deformaciones. Es necesario, por consiguiente, que se tenga en cuenta los errores en que puede incurrirse al proceder así.

De un completo y detenido estudio hecho por Bach, resulta que, si bien en la práctica estas hipótesis no se cumplen exactamente, pueden sin embargo ser aceptadas a condición de que se ejecuten los ensayos de manera que los esfuerzos de flexión se ejerzan, en lo posible, sin perturbación, y que se sigan procedimientos y se utilicen ejemplares de formas tales que permitan comparar de inmediato los resultados obtenidos por observadores o por laboratorios distintos.

98. **Procedimientos de ensayo.** — El procedimiento generalmente usado, por las razones que acabamos de indicar, consiste en colocar el ejemplar sobre dos apoyos y hacer actuar una fuerza aislada en su punto céntrico. La sección del ejemplar es comunmente un rectángulo o un cuadrado.

Sin embargo, es frecuente el caso de tener que ensayar vigas de perfiles especiales como *T*, doble *T*, *U*, etc.

Algunas máquinas de ensayo están dispuestas en forma de permitir considerar el caso de varias fuerzas aisladas o el de una carga uniformemente repartida en toda o en parte de la longitud de la viga.

Todas las máquinas empleadas para esta clase de ensayos permiten registrar la carga máxima alcanzada durante la experiencia y trazar a la vez, un diagrama análogo al que hemos considerado al ocuparnos de los ensayos a la tracción y a la compresión. En este diagrama las ordenadas representan las cargas y las abcisas las deformaciones, es decir las flechas que toma la viga bajo la acción de la carga.

Hay instrumentos especiales que permiten leer directamente

durante la ejecución del ensayo y con la aproximación suficiente, los valores de la flecha correspondientes a cada valor de la carga. En el capítulo III nos hemos ocupado de esta clase de aparatos.

Los datos que se determinan al efectuar un ensayo a la flexión son principalmente los siguientes:

a) Carga de ruptura.
b) Límite de proporcionalidad.
c) Límite de elasticidad.
d) Límite aparente de elasticidad o límite de flexión.
e) Posición de la fibra neutra.
f) Módulo de elasticidad.

No vamos a ocuparnos, en detalle, de lo relativo a las cuatro primeras determinaciones por cuanto, los métodos que debe seguirse son los mismos indicados para los ensayos a la tracción y a la compresión.

Por lo demás los estudiantes tendrán oportunidad de efectuar experiencias en los laboratorios del Instituto.

Solo cabe observar en lo que atañe a la carga de ruptura que, en muchos casos a causa de la gran ductilidad del material, el ejemplar en vez de romperse se pliega hasta tomar la forma de una *U*.

99. **Posición de la fibra neutra.** — En aquellos materiales que cumplen la ley de Hooke, tanto en lo que se refiere a las deformaciones por tracción como por compresión, la fibra neutra está situada exactamente en la posición del eje horizontal de la viga.

En Resistencia de Materiales se demuestra como la tensión σ que sufre cada fibra a consecuencia del esfuerzo de flexión tiene por valor:

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

siendo M el momento de flexión en la sección considerada; y

la distancia entre una fibra determinada y la fibra neutra: I el momento de inercia de la sección de la viga.

Cuando la fibra neutra está situada en el centro de la viga es evidente que las deformaciones producidas en cada fibra tanto en lo que se refiere a los alargamientos como a los acortamientos, variarán proporcionalmente con la distancia que haya entre ellas y dicha fibra neutra.

Es conveniente hacer notar que los valores calculados tanto para la tracción como para la compresión, mediante un ensayo a la flexión, no concuerdan de una manera absoluta con los deducidos directamente de los ensayos a la tracción y a la compresión.

Ahora bien, en los cuerpos que no siguen la ley de Hooke, como ocurre con los materiales frágiles y aún en aquellos que la siguen, cuando la resistencia a la compresión es mayor que a la extensión, una vez excedido el límite de proporcionalidad, la fibra neutra no se mantiene en el centro de la viga sino que se acerca a la parte correspondiente a las fibras comprimidas.

En ciertos casos, particularmente tratándose de estudios o investigaciones de carácter científico, puede haber interés en determinar exactamente la posición de la fibra neutra.

Conocida esta posición será fácil calcular las tensiones máximas a que podrán estar sometidas las fibras extendidas y las comprimidas.

Se puede seguir distintos precedimientos para resolver esta cuestión. Uno de los mas sencillos es el que se indica en seguida:

Se mide directamente, con aparatos de precisión, el alargamiento l_t y el acortamiento l_e producido en las dos fibras más alejadas de la fibra neutra, es decir las situadas respectivamente en la parte inferior y superior de la viga.

Sea H la altura de la viga, H_e la distancia entre la fibra neutra y la fibra más comprimida. El problema queda reducido a determinar esta distancia H_e, pues ella nos permitirá ubicar de inmediato la fibra neutra.

La distancia entre la fibra neutra y la fibra más extendida será:

$$H_t = H - H_e$$

En virtud de la hipótesis admitida de que las secciones primitivamente planas de la viga siguen siendo planas después de la deformación, tendremos:

$$\frac{H_e}{H_t} = \frac{l_e}{l_t}$$

o:

$$\frac{H_e}{H - H_e} = \frac{l_e}{l_t}$$

de donde:

$$H_e = H \frac{l_e}{l_e + l_t}$$

100. **Módulo de elasticidad.**—Se demuestra en Resistencia de Materiales que en el caso de una viga de longitud L apoyada en dos puntos y cargada con una fuerza P en su punto medio, siendo I el momento de inercia de la sección y E el módulo de elasticidad, la flecha f tiene el valor que se deduce de la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{P L^3}{E I}$$

Supongamos que, como ocurre con mucha frecuencia, la viga es de sección rectangular, entonces:

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

luego:

$$f = \frac{1}{4} \cdot \frac{P L^3}{E b h^3}$$

y por consiguiente:

$$E = \frac{P}{f} \cdot \frac{L^3}{4 b h^3}$$

Ahora bien: $\frac{L^3}{4 b h^3}$ es función de la distancia entre los apoyos y de las dimensiones de la sección; P es la fuerza que se ha hecho actuar en el centro de la viga y su valor estará indicado por la máquina de ensayo; f también será determinada directamente, de manera pues, que no habrá dificultad en calcular el valor de E.

En forma análoga se procedería si en lugar de tratarse de una sola fuerza colocada en el centro de la viga fueran varias fuerzas aisladas o una fuerza uniformemente repartida.

Igualmente habría que tomar el valor de I que correspondiera si en lugar de sección rectangular, la viga tuviera cualquier otro perfil.

101. **Ley de similitud.** — Dos vigas de forma geométrica semejante, y de la misma materia exigen para flexiones semejantes, cargas proporcionales a sus secciones, siempre que sean sostenidas de la misma manera y solicitadas en la misma forma.

Supongamos que se ensayan dos cuerpos A y A_1 geométricamente semejantes. Todas las dimensiones relativas al primero se indican sin índice y las correspondientes al segundo con el índice 1.

Entre los dos cuerpos se pueden establecer las siguientes relaciones:

a) Longitudes:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{a}{a_1} = \frac{b}{b_1} = \frac{1}{n}$$

b) Superficies:

$$\frac{a\ b}{a_1\ b_1} = \frac{1}{n^2}$$

c) Volúmenes y pesos:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{G}{G_1} = \frac{1}{n^3}$$

d) Momentos de inercia :

$$\frac{I}{I_1} = \frac{1}{n^4}$$

Si se expresan las flexiones por los valores de las flechas una variación semejante en los dos cuerpos se producirá cuando:

$$\frac{f}{L} = \frac{f_1}{L_1}$$

pues se tiene:

$$\frac{f}{f_1} = \frac{L}{L_1} = \frac{1}{n}$$

En el caso indicado en el número (98)

$$\frac{f}{L} = \frac{1}{48}\ \frac{P\ L^2}{E\ I}$$

Para el cuerpo A_1, se tendrá:

$$\frac{f_1}{L_1} = \frac{1}{48}\ \frac{P_1\ L_1^2}{E\ I_1}$$

es decir:

$$\frac{f_1}{l_1} = \frac{1}{48} \cdot \frac{P_1\ L^2\ n^2}{E\ I\ n^4} = \frac{1}{48} \cdot \frac{P_1\ L^2}{E\ I} \cdot \frac{1}{n^2}$$

de las dos ecuaciones resulta:

$$\frac{f}{L} : \frac{f_1}{L_1} = \frac{1}{48} \cdot \frac{P\,L^2}{E\,I} : \frac{1}{48} \cdot \frac{P_1\,L^2}{E\,I\,n^2} = \frac{P}{P^1}\,n^2$$

y:

$$\frac{P}{P_1} = \frac{1}{n^2}$$

Por consiguiente: la misma flecha o sea una deformación geometricamente semejante se producirá cuando las cargas estén en la relación de $\frac{1}{n^2}$ o sea como las superficies de las secciones:

$$\frac{a\,b}{a_1\,b_1}$$

La relación entre las tensiones se puede obtener también:

$$\sigma = \frac{P\,L}{4} \cdot \frac{y}{I}$$

pero como:

$$\frac{y}{y_1} = \frac{1}{n} \quad \text{y} \quad \frac{P}{P_1} = \frac{1}{n_2}$$

se tendrá:

$$\sigma_1 = \frac{P_1\,L_1}{4} \cdot \frac{y_1}{I} = \frac{P\,L\,n^3}{4} \cdot \frac{y\,n}{I n_4} = \frac{P\,L}{4}\,\frac{y}{I}$$

luego:

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = 1$$

En consecuencia: Tensiones iguales producen flechas iguales en cuerpos geometricamente semejantes.

La experiencia enseña que la ley de similitud se cumple también para las deformaciones permanentes.

En Alemania se efectúa los ensayos normales a la flexión sobre barras de sección cuadrada de tres centímetros de lado y de un metro de longitud entre apoyos. Es decir $L/a = 33.33$.

La falta de homogeneidad que caracteriza a la mayoría de los materiales de construcción es motivo algunas veces, de que a pesar de llenarse completamente todas las exigencias de la ley de simititud, los resultados no se ajusten estrictamente en todos los casos a lo que ella establece.

ENSAYOS A LA TORSION

102. **Consideraciones generales.** — Los ensayos a la torsión se efectúan generalmente, sobre los materiales destinados a la construcción de ejes para máquinas y vehículos. Además suele prescribirse este ensayo como prueba de recepción de alambres, cables, etc.

La experiencia demuestra que la hipótesis fundamental de la teoría de la torsión, es decir que las secciones primitivamente planas siguen siéndolo después de deformada la pieza, se cumple exactamente en las barras de sección circular, no así en las de sección cuadrada o rectangular.

Para efectuar los ensayos a la torsión se utiliza máquinas en las que el ejemplar se fija sólidamente por uno de sus extremos, mientras que en el otro, se aplica el par de torsión.

La fijación de los ejemplares debe hacerse en forma que la pieza no se halle sometida más que a la acción del par de torsión, evitando en cuanto sea posible el desarrollo de esfuerzos secundarios que afectarían la exactitud de los resultados.

El sistema de fijar los ejemplares varía con la clase de máquina que se emplee, así como también las formas que debe darse a las cabezas de los mismos con el fin de facilitar su colocación.

Las máquinas están provistas además de dispositivos que

permiten registrar exactamente las deformaciones, el valor del momento de torsión y las variaciones de longitud experimentadas por el ejemplar durante el ensayo. Es posible trazar además, un diagrama en el que las ordenadas representan los valores del momento de torsión y las abcisas las deformaciones, medidas en grados y segundos, o en rotaciones y fracciones de rotación.

Observando este diagrama se verá una parte rectilínea que corresponderá al *período proporcional*, seguida por una parte curva que termina en el punto correspondiente a la ruptura.

En los materiales muy dúctiles la parte curva puede llegar a convertirse en una recta paralela al eje de las abcisas.

Los materiales dúctiles presentan además un período elástico en el que las deformaciones desaparecen al anularse el par de torsión y un período de deformaciones permanentes durante el cual no ocurre lo mismo.

Debe citarse también como un punto especial del diagrama el que corresponde al *límite de torsión*, punto semejante a los denominados límites de extensión, de compresión y de flexión.

103. **Ley de similitud.** — Para ejemplares de dimensiones geométricamente semejantes, momentos iguales de torsión producen deformaciones iguales, referidas a la unidad de longitud.

104. **Fracturas.** — La fractura a consecuencia de un esfuerzo de torsión se produce según una línea helicoidal contenida en un plano aproximadamente vertical: empieza en la parte exterior del cuerpo y se continúa hacia el interior. Presenta un punto característico que parece ser el eje de rotación y que no coincide en todos los casos con el eje del ejemplar. Influye en esta separación entre ambos ejes la mayor o menor homogeneidad del material.

No creemos necesario insistir a este respecto porque los estudiantes tendrán oportunidad de estudiar experimentalmente la cuestión en los laboratorios del Instituto.

ENSAYOS POR CHOQUE

105. **Consideraciones generales.** — En los ensayos de que nos hemos ocupado hasta ahora y que se denominan comunmente *ensayos por acción gradual*, el esfuerzo cuyo valor inicial es cero va aumentando lentamente hasta alcanzar un máximo determinado por las condiciones de la experiencia.

Ensayos por *ensayos por acción instantánea o dinámica* o *ensayos por choque* son aquellos en que la fuerza es aplicada bruscamente, alcanzando así su valor máximo en el mínimo espacio de tiempo.

Los ensayos por choque pueden efectuarse de manera que se produzca sobre el ejemplar una tracción, una compresión, una flexión, etc.

106. **Trabajo específico de choque.** — Sn llama así a la parte de trabajo absorbida por la unidad de volumen o por la unidad de peso del cuerpo.

Si llamamos P. al peso de la maza, A la altura de caída, p al peso del ejemplar y V al volumen del mismo, el trabajo específico de choque será:

$$T_p = \frac{P\,A\ (\text{Kgs. cm.})}{p\ (\text{grs.})}$$

o:

$$T_v = \frac{P\,A\ (\text{Kgs. cm.})}{V\ (\text{cm}^3)}$$

El trabajo puede ser producido por un gran peso P que cae de una pequeña altura A o por un pequeño peso P que cae de una gran altura.

Siendo igual en ambos casos el valor del trabajo, debiera también ser igual el efecto producido sobre el ejemplar.

Sin embargo, en la práctica no ocurre siempre tal cosa. La velocidad adquirida por la maza al caer, ejerce influencia en la produción de las deformaciones.

Tampoco se obtiene los mismos resultados si la cantidad de trabajo es producida por un solo choque o por una serie de choques consecutivos.

Kich llamó *factor de ruptura* al trabajo de choque suficiente para romper el ejemplar de un solo golpe.

La experiencia demuestra que, para un mismo material y para formas semejantes de los ejemplares, el valor del factor de ruptura puede ser considerado como una cantidad constante y ser tomado, en consecuencia, como medida de su resistencia dinámica.

107. **Ensayos por compresión por choque.** — Los ensayos de compresión por choque se efectúan generalmente sobre cilindros cuya altura L es igual al diámetro d o en que la relación:

$$\frac{\sqrt{\frac{\pi d^2}{4}}}{L} = 1$$

de la que se deduce:

$$L = 0.886\ D$$

Los acortamientos producidos se miden después que el cuerpo ha recibido cada golpe de la maza.

Se llama *coeficiente de aplastamiento por choque*, a la relación entre el acortamiento por unidad de longitud y el trabajo unitario.

La *ley de similitud* se expresa diciendo que: trabajos específicos de choques iguales (Kg. cm/cm^3, o Kg. cm/grs.) deben producir aplastamientos iguales en el caso de piezas geométricamente semejantes o de un mismo material.

En los ensayos a la compresión por choque se puede también trazar un diagrama que represente gráficamente el desarrollo de la experiencia.

En este diagrama el efecto de los golpes se representa por un solo punto que corresponde al estado final del cuerpo después de cada golpe.

Las abcisas representarán los acortamientos medidos después de cada golpe y las ordenadas, los distintos trabajos de choque.

En estos ensayos se denomina: *coeficiente de ruptura a la compresión por choque*, al trabajo específico de choque expresado en:

$$\frac{Kg.cm.}{cm.^3}$$

necesario para romper de un solo golpe al cuerpo, y en el caso de no producirse la ruptura, a consecuencia de la extrema ductilidad de la materia, al trabajo necesario para producir un aplastamiento equivalente al 80 °/o.

Los cuerpos ductiles al aplastarse toman la forma de tonel indicada anteriormente.

Las superficies de contacto ejercen aqui la misma influencia observada en los ensayos por acción gradual.

108. **Ensayos a la tracción por choque.** — Los ensayos a la tracción por choque tienen poca aplicación en la práctica.

Los primeros ensayos hechos en esta forma son debidos al general austriaco Uchatuis.

Las deformaciones y la ruptura se producen en la misma forma que en los ensayos análogos por acción gradual.

Martens propone que como escala de calidad se tome la suma de los trabajos de choque del número de golpes de potencia específica determinada que sean necesarios para producir la ruptura del ejemplar, o mejor aún el trabajo específico de choque necesario para romper el ejemplar de un solo golpe.

109. **Ensayos a la flexión por choque.** — Este procedimiento de ensayo es uno de los más antiguos que se conocen.

Se efectúa comunmente disponiendo el ejemplar de sección prismática sobre dos apoyos y haciendo caer la maza en su centro.

Se cuenta el número de golpes n necesario para producir la ruptura o para alcanzar una flecha determinada.

Si P es el peso de la maza, A la altura de caida, el trabajo total T será:

$$T = n\, P\, A$$

Para la medida de la deformación o sea la flecha se siguen los procedimientos que se indicaron en el capítulo III.

Rotter efectuó gran cantidad de ensayos a la flexión por choque, los que le permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

a) Los golpes violentos tienen por consecuencia una flexión más grande que un mayor número de golpes débiles cuya potencia total sea la misma. Esta conclusión es aplicable también a los ensayos a la compresión por choque.

b) Con el mismo trabajo de choque PA por golpe, los pesos más elevados de la maza producen una flexión más grande.

Las fracturas se producen en la misma forma que si se tratara de ensayos por acción gradual.

Al efectuar ensayos a la flexión por choque es preciso tener en cuenta la influencia que ejerce sobre los resultados, la acción de las partes del ejemplar que sobresalen de los apoyos. Estas partes permanecen al principio de la deformación atrasadas con respecto a la posición teórica que debieran tomar después del golpe que ha producido la deformación del ejemplar,

Posteriormente a causa de un nuevo golpe esas extremidades pasan bruscamente a una posición superior a la que les correspondería según la deformación sufrida por el ejemplar. La importancia que puede ejercer esta acción de las extremidades varía con su longitud. En consecuencia se ha convenido en la necesidad de reglamentar la longitud máxima que pueden tener los ejemplares fuera de los apoyos.

110. **Ensayos a la flexión por choque sobre barras entalladas** — Se denomina barras entalladas a aquellos ejemplares en los que mediante una incisión, entalladura o rebajo se ha disminuído la sección transversal en el lugar donde ha de efectuarse el máximo trabajo durante el choque.

El objeto de esta operación es hacer más rigurosas las condiciones del ensayo, pues al reducir la sección transversal, se concentra todo el esfuerzo en una zona reducida del material.

La forma de la incisión es variable según los casos. En los distintos Congresos realizados se han adoptado resoluciones al respecto. En el celebrado en Bruxelas en 1906, se estableció lo relativo a los ensayos al plegado, — de que nos ocuparemos en el capítulo siguiente — sobre ejemplares entallados.

En el Congreso de Copenhague (1909) se reglamentó en la forma que se indica en seguida todo lo que atañe a los ensayos a la flexión por choque sobre barras entalladas:

«1.º El ensayo a la flexión por choque sobre barras entalladas permite determinar el trabajo específico de ruptura «referido al centímetro cuadrado de sección no rebajada (en «el fondo de la incisión).

«2.º, *a*) Las barras extraidas de piezas de dimensiones suficientes deberán medir 30 × 30 × 160 mm. Se rebajarán «mediante una incisión en una altura de 15 mm. El fondo de «la incisión tendrá la forma de un cilindro de 2 mm. de «radio'

b) En el caso de materiales laminados tales como los palastros, las barras tendrán el mismo espesor de las planchas: «se conservarán las caras de esta y se les dará un ancho de «30 mm. Serán rebajadas en una altura de 15 mm. La incisión, perpendicular a las caras de laminado tendrá fondo cilíndrico de 2 mm. de radio.

«*c*) Cuando las piezas no permitan que se extraiga barras «de 30 × 30 mm. de sección, estas tendrán como dimensiones 10 × 10 mm. Se rebajarán en una altura de 5 mm. «El fondo de la incisión tendrá la forma de un cilindro de «2/3 mm. de radio.

«*d)* En todos los casos deberá hacerse constar las dimensiones de los ejemplares ensayados.

«3.º Las barras se ensayan haciendo caer en su parte céntrica y sobre la cara opuesta a la incisión, una maza terminada por un cuchillo redondeado de 2 mm. de radio. Los «ejemplares estarán apoyados sobre cuchillos separados de «120 mm. en los casos 2 a y 2 b y de 40 mm. en el caso 2 c.

«4.º La ruptura debe ser obtenida con un solo golpe pro- «ducido por un aparato que permita medir exactamente el «trabajo absorbido por la ruptura.

«5.º La temperatura debe, en lo posible, estar comprendida «entre 15º y 25ºC durante la ejecución del ensayo. En todos «los casos debe ser indicada al expresar los resultados.

El Congreso de Copenhague votó además una conclusión respecto a la conveniencia de que una Comisión especial efectuara estudios tendientes a establecer una correlación entre los resultados de los ensayos y la manera como las piezas de las máquinas o construcciones se hubieran comportado en servicio.

ENSAYOS POR ACCION REPETIDA

111. **Consideraciones generales.** — Ensayos por acción repetida son aquellos en que se somete a los cuerpos a tensiones relativamente débiles pero que son repetidas un gran número de veces. El fin de estos ensayos es colocar a los materiales en las mismas condiciones en que se hallarán en la práctica cuando formen parte de una construcción o de una máquina.

Todo lo referente a los ensayos por acción repetida fué estudiado ampliamente por Wöler quien ideó máquinas especiales para la ejecución de las experiencias. Los estudios de Wöler fueron continuados por Bauschinger, Spangenberg, Martens y otros experimentadores.

Debe hacerse notar, no obstante, que con anterioridad habían efectuado trabajos a este respecto Albert y Fairbaien.

Los ensayos por acción repetida pueden hacerse a la tracción, a la compresión, a la flexión en un plano, a la flexión en todas direcciones, a la torsión, al choque, etc.

112. **Ley de Wholer.** — Los resultados de las experiencias efectuadas por Wöler le permitieron deducir la siguiente ley:

La materia se rompe no solamente cuando ha sido sometida una vez a fuerzas elásticas superiores al coeficiente de ruptura sino también:

a) Cuando está sometida a fuerzas elásticas, menores que

el coeficiente de ruptura, todas del mismo signo, extensiones o compresiones, con tal que se repitan un número suficiente de veces.

b) Por la acción de fuerzas elásticas, menores todavía que las precedentes, a número igual de repeticiones, con tal de que obren de manera que produzcan alternativamente exten siones y compresiones.

113. **Resistencia en servicio.** — Launhardt llamó *resistencia en servicio* a la tensión máxima que puede repetirse un número infinito de veces sin producir la ruptura del cuerpo.

El objeto principal de los ensayos por acción repetida es determinar el valor de la resistencia en servicio, a fin de que el esfuerzo a que tenga que estar sometido el material en la práctica se conserve siempre bajo ese límite.

114. **Variaciones en las propiedades de los materiales a causa de los esfuerzos repetidos.** — Los ensayos han demostrado que las propiedades de la materia y principalmente los límites de proporcionalidad, de extensión y de elasticidad varían cuando se somete el cuerpo a una serie sucesiva de esfuerzos comprendidos dentro de ciertos límites.

Puede establecerse que, en general, las propiedades elásticas de los materiales mejoran, tanto si se trata de materiales dúctiles como de materiales frágiles.

Un cubo de hormigón que es sometido durante un cierto número de veces a un esfuerzo de compresión variable entre cero y un máximo determinado, puede llegar a adquirir propiedades elásticas que no tenía primitivamente.

En tales condiciones y con aparatos de precisión podrá observarse deformaciones elásticas que desaparecerán, como en el caso de los materiales dúctiles, cuando se anula la carga que las hubiera producido.

Estas modificaciones en las propiedades elásticas se comprueba más fácilmente, como es lógico, en los materiales dúctiles.

115. **Leyes de Bauschinger.**—Las experiencias efectuadas por Bauschinger le permitieron llegar a ciertas conclusiones que si bien no pueden ser consideradas como de carácter general,

pues las propiedades de la materia varían considerablemente de uno a otro cuerpo, es conveniente sin embargo conocer, por cuanto ellas permiten tener una idea más definida respecto a los cambios que puede sufrir, en sus propiedades mecánicas, un material al encontrarse sometido a un esfuerzo repetido gran número de veces.

Bauschinger efectuó las experiencias sobre hierro fundido, hierro forjado y otros metales.

Entre las llamadas leyes de Bauschinger son las principales las siguientes:

a) Si se somete un cuerpo a esfuerzos de tracción que produzcan tensiones crecientes desde cero hasta mas allá del límite de proporcionalidad de la materia, se observará que este límite varía siempre que la materia no se encontrara ya en un estado de modificación artificial.

b) Cuando la tensión aumenta, el límite de proporcionalidad P aumenta hasta un máximo y en el momento en que la tensión alcanza el límite de extensión, el límite P disminuye considerablemente. Si excede mucho del límite de extensión, el límite P puede reducirse a cero.

c) Si se deja el cuerpo en reposo después de descargado, el límite P aumenta con el tiempo, al principio rápidamente, luego más lentamente. Puede aumentar durante años, hasta mas allá del límite de extensión y en ciertas circunstancias hasta más allá del valor de la tensión precedente.

d) Si la tensión excede el límite de extensión este límite aumenta también y esto ocurre inmediatamente después de la carga. Si se deja reposar el cuerpo, después de descargado, el límite de extensión aumenta con el tiempo hasta más allá del esfuerzo soportado.

e) Un esfuerzo superior al límite de extensión disminuye el valor del módulo de elasticidad E. Si se deja reposar el cuerpo, después de descargado, el módulo de elasticidad aumenta, pero más lentamente que el límite P.

f) Si a consecuencia de tensiones superiores al límite de extensión y de reposos consecutivos los límites de proporcionalidad y de extensión hubiesen resultado aumentados, puede

obtenerse que vuelvan a tener sus valores primitivos sometiendo el cuerpo a una serie de sacudidas violentas, por ejemplo, un enérgico martillado en frio.

g) Si los límites de proporcionalidad y de extensión son llevados más arriba de sus valores iniciales mediante un reposo después de la descarga, puede conseguirse que esos límites sean nuevamente rebajados mediante un fuerte recalentamiento del cuerpo.

La duración del reposo después del recalentamiento y del enfriamiento no ejerce ninguna influencia sobre el valor de los límites rebajados.

h) Si la carga es repetida muchas veces entre los límites cero y σ (oscilación de la tensión entre O y σ) y si el valor de σ está comprendido entre los límites de proporcionalidad y de extensión se observará que el límite P aumenta con el tiempo: muchas veces más arriba que el valor σ y hasta que el valor inicial del límite de extensión.

Esta elevación es tanto mayor cuanto mayor sea el número de oscilaciones, pero sin exceder generalmente de cierto límite.

i) Si se aumenta el valor de σ, el límite P puede finalmente, después de un gran número de oscilaciones, no resultar aumentado hasta dicho valor de σ.

j) Si el límite P aumentado, puede aún ser llevado hasta más allá del valor σ, un número muy grande de oscilaciones (varios millones) no puede provocar la ruptura. Pero si σ excede el valor más alto que puede alcanzar P, la ruptura se produce después de un número limitado de oscilaciones.

k) El límite de ruptura que se obtiene, cuando se rompe un cuerpo bajo la acción de una carga gradual no disminuye por el efecto de varios millones de tensiones repetidas, más bien aumenta.

l) Los esfuerzos a la compresión repetidos modifican también los límites de extensión. Inversamente los esfuerzos a la tracción repetidos modifican los límites de compresión.

m) Para una tensión superior al límite P el límite $-P$ disminuye; esta disminución es tanto mayor cuanto más grande sea la tensión.

n) Un límite P disminuido por una tensión de signo contrario puede, mediante una tensión creciente poco a poco entre una compresión y una tracción, ser nuevamente aumentado pero solamente hasta un cierto valor notablemente inferior al límite P inicial.

o) Para una tensión creciente poco a poco y variable entre tracción y compresión, el límite P no varía para los esfuerzos de signo contrario sino en el caso que las tensiones excedan el límite inicial P.

Fundadas en los resultados de éstas y otras experiencias se han propuesto ciertas fórmulas que se utilizan para el cálculo de los puentes y de las demás construcciones en que los materiales se encuentran sometidos a la acción de esfuerzos repetidos.

Esas fórmulas serán estudiadas en los cursos de Resistencia de Materiales y de Puentes. No nos corresponde por consiguiente extendernos al respecto.

116. **Fracturas en los ensayos por acción repetida.**—Los ejemplares que se empleen para ser ensayados por acción repetida tienen que ser cuidadosamente pulidos y no presentar ángulos como en las barras normales para ensayos a la tracción.

La ruptura se produce bajo la acción de una carga menor cuando el ejemplar presenta la más mínima falla o solución de continuidad.

Los pequeños trazos con que se marca los ejemplares para medir la ductilidad y que no tienen influencia alguna en los ensayos por acción gradual deben ser hechos con gran cuidado cuando se trata de ensayos por acción repetida. Es necesario darles la mínima profundidad posible, pues no procediendo así se producirá la ruptura a partir de uno de dichos trazos.

En la sección de ruptura se produce una radiación cuyo centro corresponde al punto inicial de la fractura es decir al punto en que la tensión ha alcanzado su valor máximo.

Por lo demás es fácil deducir del examen de una fractura si ella es debida a una repetición de esfuerzos o a una tensión aumentada gradualmente hasta la carga de ruptura.

Practicamente los estudiantes podrán examinar en los laboratorios del Instituto fracturas por acción repetida. Esto nos evita tener que insistir en detalles que se aprecian mas claramente observando los ejemplares.

CAPÍTULO VI

ENSAYOS TECNOLOGICOS

117. **Generalidades.** — Hemos llamado ensayos tecnológicos a los que tienen por objeto comprobar experimentalmente la mayor o menor facilidad que presentan los materiales para ser trabajados, vale decir para adaptarse a las formas requeridas por los distintos elementos de una construcción o de una máquina.

Los ensayos tecnológicos más frecuentes son los de plegado los de forjado y los de corte en los materiales dúctiles: el de fraguado y el de adherencia en los materiales de agregación: el de adherencia en el hormigón armado etc.

Además, puede incluirse entre los ensayos tecnológicos otros, tales como los de desgaste en las piedras naturales o artificiales, y los de desgaste y choque simultáneo en los del pedregullo para macadam.

ENSAYOS DE PLEGADO

118. **Procedimiento adoptado.** — *Estos ensayos deben ser efectuados por medio de una máquina que trabaje por acción lenta y progresiva* (C. de B. 1906).

Los ensayos de plegado se ejecutaban primitivamente, sobre un yunque, empleando tenazas para sostener el ejemplar y martillos para obligarlo a plegarse según los ángulos establecidos.

Es indudable que ensayos hechos en tal forma tenían necesariamente que conducir a resultados completamente distintos según cual fuere el operador que los tuviese a su cargo.

De ahí la necesidad de establecer, como único medio de lle-

gar a resultados concordantes, que los ensayos se ejecuten siempre con ayuda de una máquina que satisfaga las condiciones indicadas.

«Pueden efectuarse de dos maneras: a) La máquina ejerce «una presión en la mitad de la barra colocada sobre dos apo- «yos. b) La máquina opera por presión lateral sobre la ba- «rra fijada sólidamente por uno de sus extremos (C. de B. «1906).

«El ejemplar puede ser plegado: 1.º Libremente alrede- «dor de un cilindro (caso anterior *a)* o de la mordaza (caso «anterior *b)*. 2.º Obligándole a adaptarse exactamente sobre «un cilindro o mordaza en forma tal que se ajuste perfecta- «mente a la superficie curva de éstos.

«En todos los ensayos de plegado es conveniente fijar el «diámetro del cilindro o de la mordaza sobre los que debe «efectuarse el plegado teniendo en cuenta la naturaleza del «material a ensayarse y haciendo dicho radio igual a un «múltiplo entero del espesor del ejemplar. (C. de B. 1906).

119. **Dimensiones de los ejemplares.** — Los ejemplares ten- «drán generalmente un ancho cuádruple del espesor.

«En el caso de barras perfiladas se procurará en lo posi- «ble que se conserven las dimensiones de la sección. Las aris- «tas en la parte media de los ejemplares deberán ser redon- «deadas. (C. de B. 1906).

120. **Medida de la calidad.** — En esta clase de ensayos la fractura tiene su origen en la cara opuesta a la colocada directamente en contacto con la superficie cilíndrica que ha servido como directriz durante la experiencia; es decir en la parte que corresponde a las fibras más extendidas.

La ductilidad de estas fibras sirve como medida para apreciar la calidad del material.

Supongamos que se trata de la barra *AB* (fig. 19) sometida a un ensayo de plegado.

El alargamiento de las fibras más extendidas, para una longitud $l = 1$ de la fibra media, puede ser expresado en función del radio de curvatura r y del espesor e del ejemplar.

En efecto:

$$\frac{l_1}{l} = \frac{r + \frac{e}{2}}{r}$$

o:

$$\frac{l_1 - l}{l} = \frac{r + \frac{e}{2} - r}{r}$$

y por consiguiente:

$$a = \frac{l_1 - l}{l} = \frac{e}{2\,r}$$

Se ha propuesto también como coeficiente de calidad el valor del ángulo de plegado pero este procedimiento tiene el in-

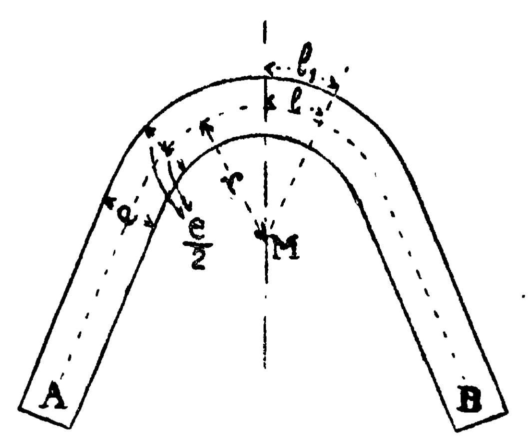


Fig. 19

conveniente de que no permite apreciar la ductilidad del material.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que cuanto mayor sea el ángulo de plegado tanto más extensa será la zona del ejemplar que sufrirá la deformación.

De manera que el ensayo permitirá verificar entonces, en

las condiciones más rigurosas, si existen en los ejemplares puntos débiles que puedan provocar la fractura.

«En los ensayos de plegado, la calidad del material puede «ser determinada por la relación existente entre el espesor «(e) del ejemplar y el radio de la curvatura (r) según el «cual puede plegarse el material sin que se produzca grietas.

«Se usa como coeficiente para apreciar la calidad el valor:

$$c = 50 \frac{e}{r}$$

«La medida del radio de curvatura puede hacerse con la «precisión suficiente, por medio de plantillas que se aplican «sobre la cara convexa del ejemplar.

«Los radios de las plantillas deben variar de dos en dos «milímetros.

«La abertura de las plantillas debe ser en todos los casos «de 45°» (C. de B. 1906).

121. **Ensayos en frío y en caliente.** — Los ensayos de plegado pueden ejecutarse en las siguientes condiciones:

«*a*) Sobre los metales tales como son entregados. En este «caso conviene cortar el ejemplar en frío y siendo posible de «manera que no sufra ninguna deformación (se evitará con «tal objeto el uso de tijeras).

«*b*) Después de recalentado. Se recalienta el material con- «forme a sus propiedades particulares. El hierro más o menos «a 800°C es decir al rojo claro: después se le deja enfriar «lentamente.

«El cobre a 600°C o 700°C como máximo: se le deja en- «friar en el aire hasta la desaparición del rojo y después se «le sumerge en agua cuya temperatura será de 15°C aproxi- «madamente.

«*c*) Después de templado. Se calienta el ejemplar a 800°C «más o menos y se le enfria en seguida agitándolo dentro de «agua cuya temperatura estará comprendida entre 15°C y «18°C.

«Los ensayos de plegado en frío se hacen a la temperatu-

«ra ambiente (10°C a 30°C) o a temperaturas inferiores a «0°C que se obtienen artificialmente.

«Los ensayos en caliente pueden efectuarse sobre ejempla- «res calentados al blanco o al rojo. En el primer caso la tem- «peratura que debe obtenerse es la que sea suficiente para «colorar en azul una parte del ejemplar previamente pulido «con la lima. (Si la temperatura necesaria no ha sido alcan- «zada no se obtendrá una coloración francamente azul: si la «temperatura fué excedida la coloración se obscurecerá hasta «volverse casi negra).

«En el segundo caso los ejemplares deben calentarse hasta «que observados en la sombra aparezcan distintamente rojos «alrededor de 600°C (C. de B. 1906).

«122. **Otros ensayos de plegado.** — Los ensayos de plegado «pueden efectuarse también sobre barras en las que, previa- «mente se haya hecho una incisión, un agujero, etc.» (C. de «B. 1906).

El objeto de estos ensayos es hacer más rigurosas las condiciones de las experiencias. Aquí como en el caso de los ensayos a la flexión por choque sobre barras entalladas (110) se trata de concentrar todo el esfuerzo sobre una zona reducida del ejemplar. En ese punto se probará, entonces la ductilidad del material.

«La incisión se efectúa en el lado exterior del ejemplar «por medio de un cepillo cuya herramienta debe tener sus «filos formando aproximadamente un ángulo recto. La incisión «tendrá como profundidad los dos décimos del espesor del «ejemplar.

«Los agujeros serán hechos, en lo posible, en la parte cén- «trica del ejemplar cuyo ancho será igual a cinco veces el «espesor. El punzón que se use tendrá un diámetro igual al «doble del espesor del ejemplar» (C. de B. 1906).

123. **Procedimiento propuesto por Korobokoff.** — Consiste en emplear ejemplares de sección rectangular que se someten al ensayo de plegado sosteniéndolos por un extremo dentro de una mordaza (118, caso *b*) y haciendo actuar la fuerza en el extremo opuesto. El alargamiento del trozo más deformado

que se medirá sobre la cara convexa dará el valor de la ductilidad.

A este efecto se habrá marcado previamente, sobre dicha cara una serie de trazos equidistantes, usando cualquiera de los procedimientos que hemos indicado al ocuparnos de los ensayos a la tracción.

ENSAYOS DE FORJADO

124. **Clasificación.** — Los ensayos de forjado pueden dividirse en cuatro grupos: 1.º) Ensayos de aplastamiento. 2.º) Ensayos de recalcamiento. 3.º) Ensayos de punzonado. 4.º) Ensayos de agrandamiento de un agujero.

« 125. **Ensayos de aplastamiento.** — Los ensayos de aplasta-« miento pueden ejecutarse con un martillo o con un martine-« te de gran velocidad.

« La maza del martillo o del martinete estará terminada por « una parte cilindrica de 15 mm. de diámetro y golpeará « transversalmente a la dirección en que se desee producir el « aplastamiento.

« El ejemplar debe tener un ancho triple de su espesor y « deberá ser ensanchado o aplastado en una y media o dos « veces su ancho.

« Como medida para el ensanchamiento de *b* hasta *b*' o pa-« ra el aplastamiento de *e* hasta *e*' se tomará el valor de:

$$100 \frac{b'}{b} \text{ o } 100 \frac{e'}{e}$$

« obtenido antes de que se produzca ninguna grieta.

« 126. **Ensayos de recalcamiento.** — Estos ensayos se ejecutan « con un martillo o con un martinete de gran velocidad.

« Los ejemplares serán, en lo posible, cilindros de altura « igual al doble del diámetro.

« La medida del recalcamiento estará dada por la dismi-« nución de la altura inicial, expresada en tanto por ciento, « hasta la aparición de la primer grieta.

« 127. **Ensayos de punzonado.** — Este ensayo que se efectúa

«sobre el yunque tiene por objeto determinar hasta que dis-
«tancia de una arista puede perforarse, sin que se agrieten
«los bordes del agujero, un ejemplar previamente calentado
«al rojo claro y cuyo ancho es, como mínimo, igual a cinco
«veces el espesor del ejemplar.

«Como resultado de este ensayo se toma la relación entre
«el espesor del ejemplar y el doble de la distancia entre la
«circunferencia del agujero y la arista del ejemplar.

«128. **Ensayos de agrandamiento de un agujero.** — Este ensa-
«yo se efectúa sobre un ejemplar calentado al rojo claro y
«cuyo ancho es igual a cinco veces el espesor.

«Se empieza por perforarlo con ayuda de un martillo y de
«un punzón de manera que el agujero mida un diámetro igual
«al doble del espesor.

«El agujero se agranda después con un punzón cónico has-
«ta que aparezcan las primeras grietas.

«Este punzón tendrá una conicidad tal que el diámetro au-
«mente a razón de un milímetro por cada centímetro de lon-
«gitud.

«Si es preciso se volverá a calentar el ejemplar varias veces;
«se introducirá el punzón alternativamente de uno y otro la-
«do para evitar las aristas agudas sobre uno de ellos.

«Como medida del ensanchamiento obtenido, se toma el va-
«lor de:

$$100 \frac{d'}{d}$$

«representando d el diámetro primitivo del agujero y d' el
«diámetro agrandado (C. de B. 1906).

ENSAYOS AL CORTE

129. **Procedimiento de ensayo.** — Este ensayo se aplica principalmente en el caso de metales destinados a la fabricación de pernos, tornillos, etc.

El ensayo se dispone generalmente en la forma siguiente: El ejemplar, de sección cilíndrica, va colocado a través de

dos piezas A y B en la forma de pasador que indica la figura 20. La ruptura se produce a consecuencia del esfuerzo de tracción producido por la fuerza P que tiende a separar la pieza B de la A que permanece fija.

El esfuerzo unitario al corte se calcula dividiendo el esfuer-

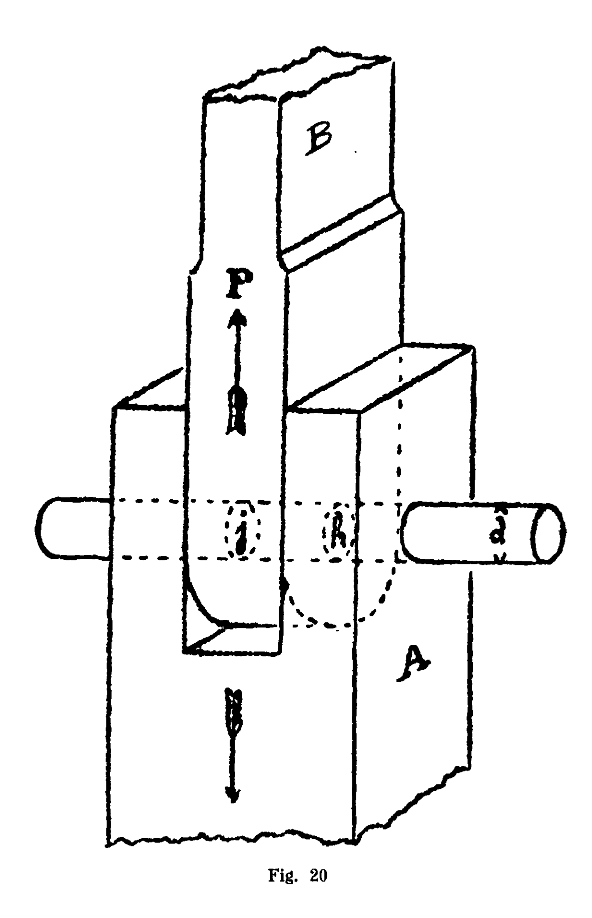


Fig. 20

zo total P por la superficie de las dos secciones de fractura j y h de manera que si d es el diámetro de la barra, el esfuerzo unitario será:

$$p = \frac{P}{2\,\frac{\pi d^2}{4}}$$

o:

$$p = \frac{2\,P}{\pi\,d^2}$$

También pueden efectuarse los ensayos al corte adoptando la disposición que indica la fig. 21.

El ejemplar a ensayarse *A* va colocado sobre una matriz

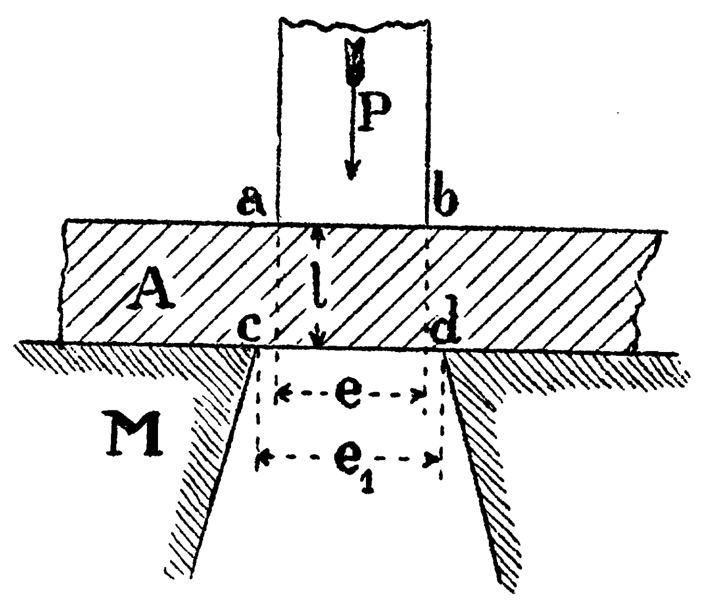


Fig. 21

M de acero duro. El punzón *S*, tambien de acero duro de diámetro *e* sobre el que se aplica la fuerza *P* cortará el ejemplar separando el cilindro *a b c d.*

Es necesario que el diámetro *e* sea algo menor que el diámetro *e'*.

El esfuerzo unitario de corte será en este caso:

$$p = \frac{P}{\pi\,e\,l}$$

Es necesario usar ejemplares de relativamente pequeño espesor a fin de evitar la producción de acciones secundarias que harían incurrir en serios errores.

Por otra parte es necesario tener en cuenta que si se usara ejemplares de mucho espesor podría ocurrir que no se produjera la separación del cilindro *abcd* sino el aplastamiento del material bajo el punzón.

Llamemos p' al esfuerzo unitario de compresión. Tendremos entonces:

$$p' = \frac{P}{\frac{\pi\ e^2}{4}} = \frac{4\,P}{\pi\ e^2}$$

Ahora bien, si se aumenta extraordinariamente el espesor l del ejemplar podrá ocurrir que, despues de aplicada la fuerza P, no alcance p el valor suficiente para vencer la coherencia del material, mientras que el valor de p' puede llegar a producir el aplastamiente del mismo.

Es necesario por consiguiente, que durante toda la experiencia p' sea constantemente menor que el coeficiente de ruptura a la compresión, lo cual es fácil conseguir si se aumenta convenientemente e o se disminuye l.

130. **Ley de similitud.** — Para ejemplares geometricamente semejantes de un mismo material los esfuerzos necesarios para producir el corte deben estar en la misma relación que las superficies a cortar.

Si d, es el diámetro de la sección de fractura de uno de los ejemplares y d_1 del otro, en el caso de la fig. 20, tendremos que

$$\frac{d}{d_1} = \frac{1}{n}$$

y

$$\frac{S}{S_1} = \frac{\frac{\pi\,d^2}{4}}{\frac{\pi\,d_1^2}{4}} = \frac{1}{n^2}$$

Como el valor de p debe ser igual al de p_1:

$$\frac{P}{S} = p = \frac{P_1}{S_1} = p_1$$

o

$$\frac{P}{P_1} = \frac{S}{S_1} = \frac{1}{n^2}$$

En el caso de la fig. 21 si llamamos d al diámetro del agujero y l al espesor en uno de los ejemplares y d_1 y l_1 en el otro tendremos:

$$\frac{d}{d_1} = \frac{l}{l_1} = \frac{1}{n}$$

y

$$\frac{S}{S_1} = \frac{\pi\, d\, l}{\pi\, d_1\, l_1} = \frac{1}{n^2}$$

Como el valor de p debe ser también aquí, igual al de p_1:

$$\frac{P}{S} = p = \frac{P_1}{S_1} = p_1$$

y por consiguiente

$$\frac{P}{P_1} = \frac{S}{S_1} = \frac{1}{n^2}$$

Ahora bien, siendo:

$$\frac{S}{S_1} = \frac{\pi\, d\, l}{\pi\, d_1\, l_1} = \frac{d\, l}{d_1\, l_1}$$

y como:

$$\frac{d}{d_1} = \frac{l}{l_1} = \frac{1}{n}$$

se tendrá

$$\frac{d}{d_1} \times \frac{l}{l_1} = \frac{1}{n^2} = \frac{l}{l_1^2}$$

luego:

$$\frac{P}{P_1} = \frac{l^2}{l_1^2}$$

Es decir que las fuerzas necesarias para producir el corte deben estar en la misma relación que el cuadrado de los espesores de los ejemplares.

ENSAYOS AL DESGASTE

131. **Procedimientos usados.** — La acción de desgaste se produce principalmente en los materiales que se destinan a la construcción de pavimentos.

Una de las máquinas usadas para los ensayos es la llamada máquina Dorry.

Consiste en una pista circular de fundición que gira alrededor de un eje vertical que pasa por su centro.

En la parte superior de dicho eje están colocados dos brazos que siguen la dirección de un diámetro.

En los extremos de estos brazos hay dos pequeñas cajas, en las que se sujeta con cuñas, los ejemplares a ensayarse.

Sobre estas cajas se puede disponer pesos que permiten aumentar la presión de los ejemplares contra la pista.

Al mismo tiempo que el movimiento de translación alrededor del eje central del aparato, se produce un movimiento de rotación de los ejemplares alrededor de sus propios ejes.

La forma de los ejemplares es generalmente un prisma de cuatro centímetros de ancho por seis centímetros de largo y de ocho centímetros de altura.

Este aparato ofrece el inconveniente de que el ejemplar tiene que recorrer siempre la misma zona de la pista lo cual produce al cabo de cierto tiempo un desgaste de la misma la

que pierde por consiguiente la superficie plana que corresponde.

En consecuencia, es indispensable que se verifique antes de cada ensayo el estado de dicha pista para corregir, si fuera preciso, mediante un cepillado, los desniveles que existieran.

Los ensayos se efectúan simultáneamente sobre dos ejemplares. Previamente, hay que establecer la cantidad y el grosor de la arena, y la cantidad de agua que se verterá sobre la pista durante el ensayo, la velocidad del movimiento, el número de vueltas de la pista o el recorrido total en metros, a presión sobre los ejemplares, etc.

El resultado del ensayo se expresa indicando la pérdida de peso, o la disminución de altura experimentada por el ejemplar al cabo de *N* vueltas o después de un recorrido de *N* metros.

El inconveniente principal de este procedimiento de ensayo consiste en que el polvo proveniente del desgaste del material que se ensaya, se mezcla con la arena lo cual hace variar las condiciones estipuladas para la ejecución de la experiencia

Para subsanar tal inconveniente, Gary ideó un aparato en el que el desgaste es producido por un chorro de arena que se proyecta sebre el ejemplar.

La arena se dirige contra el ejemplar mediante un chorro de vapor a tres atmósferas de presión.

El vapor se seca previamente, pues es necesario proceder en condiciones de perfecta sequedad.

Como resultado del ensayo se expresa la pérdida de peso o la disminuición de volumen sufrido por el ejemplar después de haber estado expuesto a la acción del chorro de arena durante un tiempo que se fija generalmente en dos minutos.

132. **Ensayos de pedregullo destinado a la construcción de macadam.** — Los esfuerzos principales a que se encuentra somedo en la práctica, el pedregullo que forma el pavimento de macadam son: el choque con la rueda de los vehículos y las herraduras de los animales, y el rozamiento de unas piedras contra las otras en el interior de la masa y con las ruedas de los vehículos en la superficie.

Los ensayos correspondientes se efectúan con la máquina Deval que consiste en uno o más cilindros de 20 cm. de diámetro y 34 cm. de longitud cada uno, inclinados 30° sobre el eje de rotación.

El movimiento es producido por un motor eléctrico que los hace girar a la velocidad de dos mil vueltas por hora.

Un contador de vueltas situado en uno de los extremos del eje permite comprobar la regularidad de la marcha de la máquina.

El ensayo del pedregullo se ejecuta del siguiente modo: se pesa después de bien lavados y desecados, cinco kilogramos del material, cuyos trozos deben ser lo más uniformes posible y de dimensiones tales que pasen en todos sentidos por un anillo de seis centímetros de diámetro y no por otro de cuatro centímetros de diámetro.

Se coloca luego los cinco kilogramos de pedregullo en uno de los cilindros de la máquina. En seguida se cierra éste, herméticamente y se le hace girar durante cinco horas o sea un total de diez mil vueltas.

Durante el ensayo los trozos de piedra recorren la longitud del cilindro dos veces en cada vuelta desgastándose por choque y por rozamiento, tanto entre sí, como con las paredes del cilindro.

Al cabo de las cinco horas se detiene la máquina, se abre el cilindro y se vierte todo su contenido en un recipiente con agua.

Allí se lava cuidadosamente cada piedra, frotándola con un cepillo a fin de quitarle todo el polvo que hubiera quedado adherido.

Se procede después a separar todo material que no pase al través de una chapa perforada cuyos agujeros miden mm. 1.6 de diámetro.

Llamemos P al peso expresado en gramos de todo el material, después de seco, que no haya pasado al través de la chapa perforada. La relación:

$$D = \frac{5000 - P}{5000}$$

expresa el valor coeficiente de desgaste generalmente adoptado.

En Francia y en otros países, se usa también como coeficiente de desgaste el que se deduce de la fórmula:

$$Q = \frac{40}{100D}$$

en la que D tiene el mismo valor indicado antes.

Se admite que el coeficiente Q se aproxima bastante al cociente que resulta de dividir el número 300 por el número de metros cúbicos consumidos en un año por un kilómetro de carretera con un tráfico de cien colleras diarias.

Resultará por consiguiente que el material será tanto mejor cuanto más alto sea el coeficiente Q.

Cabe observar no obstante, que a causa del tránsito de automóviles será necesario modificar el cálculo propuesto para deducir del valor de Q el consumo anual de pedregullo que demandará la conservación del macadam.

En efecto las fórmulas y cálculos a que anteriormente se hizo referencia fueron determinados en una época en que aún no se conocía los medios de locomoción que se emplean en la actualidad.

La falta de experiencias y de datos estadísticos suficientes no permite por ahora una conclusión definitiva al respecto.

ENSAYOS DE FRAGUADO

133. **Consideraciones generales.** — Los ensayos de fraguado corresponden a los llamados materiales aglomerantes. Se efectúan sobre las pastas y morteros de cales, cementos, puzolanas, yesos, etc.

Es necesario distinguir entre el fraguado y el endurecimiento.

Aquel empieza y termina en un período de minutos u horas: el segundo continua durante años.

Se considera que ha empezado el fraguado cuando una

pasta o un mortero de consistencia normal, contenida en un molde de dimensiones determinadas, no se deja atravesar en todo su espesor por una aguja metálica.

El fin del fraguado está determinado por el momento en que la masa contenida en el molde mencionado puede resistir sin penetración apreciable el peso de la misma aguja.

La aguja más usada para esta clase de ensayos es la aguja de Vicat: consiste en una aguja metálica, bruñida, cilíndrica, terminada inferiormente por una sección plana perpendicular al eje y de un milimetro cuadrado de superficie.

Esta aguja se carga con un peso determinado y se sostiene con un aparato que le permite descender lentamente y sin que adquiera la menor velocidad en ningún instante.

Dicho aparato permite además medir exactamente el espesor de pasta existente entre el fondo del molde y la parte inferior de la aguja.

Hay aparatos que permiten también trazar un diagrama del fraguado.

Es preciso tener en cuenta la influencia que sobre la duración del fraguado ejerce la cantidad de agua contenida en la pasta, su calidad, temperatura, etc.

Si la pasta es amasada con agua caliente resulta considerablemente reducido el espacio de tiempo necesario para el principio y para el fin del fraguado.

Durante el fraguado se produce una elevación de temperatura en la masa. Si este aumento excede de ciertos límites puede ser indicio de que contiene materias expansivas, cuyos peligros e inconvenientes no es menester hacer notar.

Estas materias expansivas aceleran, por otra parte, el fraguado y pueden aumentar la resistencia inicial pero disminuyen, en cambio, la final.

Gary ideó un dispositivo que permite registrar las variaciones de temperatura durante el fraguado.

El método adoptado es el de fotografiar la columna de un termómetro cuyo depósito de mercurio permanece sumergido en la masa de la materia que se quiere estudiar durante el fraguado.

La placa fotográfica está animada de un movimiento uniforme de translación. Se obtendrá por consiguiente un diagrama en el que el punto más bajo de la curva resultante corresponde al principio del fraguado y el más alto al final.

ENSAYOS DE ADHERENCIA

134. **Ensayos para determinar la fuerza de adherencia de los materiales aglomerantes.** — Para medir la fuerza de adherencia de estos materiales se somete a ensayos de ruptura a la tracción, ejemplares de forma de doble T confeccionados con ayuda de un molde especial.

Cada mitad del ejemplar está constituida por cada uno de los materiales cuya adherencia recíproca hay que determinar.

Cuando se trata, por ejemplo, de comparar la fuerza de adherencia de diferentes cementos a una misma materia, se empieza por preparar una serie de *bloques normales de adherencia* con un mortero tipo de composición determinada. Estos bloques se colocan de manera que sus bases menores constituyan el fondo del molde.

Se llena luego los moldes con morteros preparados con los diferentes cementos que se deba ensayar.

Los ejemplares son desmoldados una vez que el fraguado haya terminado completamente.

Se deja transcurrir entonces un plazo determinado, generalmente 28 días, al cabo del cual se procede a romper los ejemplares mediante un esfuerzo de tracción.

Si se deseara determinar la fuerza de adherencia de un mismo cemento a distintos materiales se procede en forma semejante usando en lugar de los bloques normales de adherencia, bloques confeccionados con los respectivos materiales.

135. **Determinación de la adherencia entre el hierro y el hormigón.** — Esta clase de ensayos tiene aplicación en la construcción de hormigón armado. Se pueden efectuar empotrando en un bloque de hormigón, en el momento de fabricarlo, una barra de hierro de diámetro d y haciendo actuar a los 7 o 28 días, por ejemplo, una fuerza P sobre la barra hasta obtener que ésta se desprenda del bloque.

El ensayo puede hacerse bajo una fuerza de tracción o de compresión.

Se calcula la fuerza de adherencia f por centímetro cuadrado de superficie de contacto aplicando la fórmula:

$$f = \frac{P}{\pi d l}$$

en la que P es la fuerza que produjo el desprendimiento de la barra, y l la altura del bloque de hormigón.

CAPÍTULO VII

PROCEDIMIENTOS RÁPIDOS DE ENSAYO. MÉTODOS DE BRINELL Y DE LUDWIK

136. **Consideraciones generales.** — Los métodos de Brinell y de Ludwik tienen por objeto inmediato la determinación de la dureza de los metales.

Están comprendidos en la categoría de los que hemos llamado (56) «Procedimientos por penetración estática».

En el método de Brinell se determina la cifra indicativa de la dureza, teniendo en cuenta la penetración producida en el material ensayado por una esfera de acero duro sobre la que se hace actuar una carga de valor conocido.

En el método de Ludwik la esfera es reemplazada por un cono de 90° de abertura.

En los dos casos, el grado de dureza H está determinado por la relación entre la carga que actuó sobre la esfera o sobre el cono, expresada en kilogramos, y la superficie de la impresión o huella expresada en milímetros cuadrados.

Ambos métodos de ensayo han tomado un gran desarrollo, por tratarse de procedimientos rápidos, de fácil ejecución y que no requieren mayores gastos en la preparación de los ejemplares. Estos pueden estar constituidos por pequeños trozos del material y es posible también ejecutar los ensayos sobre las mismas piezas terminadas, sin ocasionar la ruptura ni la inutilización de las mismas.

El método Brinell fué propuesto por su autor al Congreso Internacional de Métodos de Ensayo de Materiales reunido en París en 1900.

En el Congreso de Budapest (Setiembre de 1901) se discutió sobre la relación que podría existir entre el grado de dureza expresado por el procedimiento Brinell y la resistencia a la tracción.

Brinell había deducido de numerosas experiencias que existe entre ambas cifras una relación casi constante.

Pourcel observó, no obstante, en dicho Congreso que: «en la determinación de la dureza por el método de Brinell, la tracción no entra directamente en juego; aquel ensayo equivale a una compresión y no se puede deducir directamente los resultados correspondientes a la tracción sino en el caso de que entre tracción y compresión exista proporcionalidad. Esto puede ocurrir y ocurre efectivamente muchas veces, pero no siempre».

En cambio, Wahlberg y otros experimentadores admitieron el paralelismo entre los ensayos de dureza y los de tracción y discutieron la posibilidad de obtener de los resultados del ensayo Brinell datos relativos al límite de extensión, el alargamiento, a la carga de ruptura a la tracción, etc.

En el Congreso de Bruxelas (1906) volvió a discutirse respecto al coeficiente que podría adoptarse para deducir la resistencia a la tracción del grado de dureza.

Brinell había propuesto que para los aceros recocidos con una cantidad de carbono inferior a 0.800 por ciento, la fórmula:

$$k = 0.346$$

Multiplicando k por la cifra que indica el grado de dureza se obtendría la carga de ruptura a la tracción por milímetro cuadrado.

Dillner, propuso para el acero recocido a 860° con 0.1 a 1.2 % de carbono, los valores siguientes:

PARA GRADOS DE DUREZA INFERIORES A 175

Esfuerzo normal al laminado	0.362
Esfuerzo paralelo al laminado	0.354

PARA GRADOS DE DUREZA SUPERIORES A 175

Esfuerzo normal al laminado	0.344
Esfuerzo paralelo al laminado	0.325

Charpy a su vez, basándose en los resultados de 60 expe riencias propuso dos coeficientes.

Para el acero dulce	0.351
Para el acero duro.	0.366

Breuil decía entonces, que no había encontrado la concordancia indicada por Brinell entre la dureza y la resistencia a la tracción, pero que era necesario, no obstante, reconocer que el procedimiento llevaba a una aproximación notable por lo que era un medio indirecto muy útil para la ejecución de ensayos rápidos.

Posteriormente Breuil llegó a la conclusión que el coeficiente k, variaba entre 0.332 y 0.376.

Ast en una relación presentada al mismo Congreso, exponía el resultado de 33 ensayos efectuados sobre otras tantas muestras de acero Martín. Colocando como abcisas las resistencias a la tracción y como ordenadas los coeficientes de dureza resultaba una línea casi recta que no pasa por el origen. Según Ast el coeficiente k varía entre 0.332 y 0.375.

La opinión general en el Congreso de Bruxelas fué que la ley empírica que relaciona la dureza con la resistencia a la tracción es lo bastante exacta como para que pueda ser aceptada en la mayoría de los casos· Sin embargo no llegó a votarse ninguna resolución definitiva.

En los Congresos de Copenhague (1909) y Nueva York

(1912) volvió a discutirse la cuestión pero sin llegar tampoco a la adopción del método Brinell como procedimiento oficial de ensayo.

Prever, que ha publicado un interesante libro sobre este método, resume en la siguiente forma su opinión:

«Los coeficientes *k*, obtenidos por nosotros y por otros experimentadores no son una constante verdadera y propia. Es cómodo en la práctica considerarlos como tales, recordando sin embargo, que los valores que se deben adoptar prácticamente son un promedio entre datos cuyos extremos distan notablemente entre sí. No hemos podido comprobar la existencia de una proporcionalidad verdadera y propia entre la dureza y la resistencia a la tracción, como lo admiten aún muchos autores y experimentadores. Existe entre dureza y resistencia una relación análoga a la que, en campo bien diferente, se ha apreciado entre altura barométrica y fenómenos metereológicos. En línea de máxima se admite, para nuestras regiones, un paralelismo entre las dos variables, lo que no excluye que se verifiquen notables excepciones. Esto no quita mucho valor a la prueba de dureza que permite asegurar una característica muy importante de los materiales. Para las exigencias de la práctica el uso de los coeficientes, hecho con la debida cautela, será siempre una poderosa ayuda en el reconocimiento rápido y sumario de los materiales».

Finalmente, para terminar con lo relativo a los coeficientes *k* transcribimos en la página siguiente un cuadro tomado también de la citada obra de Prever.

En ese cuadro están comprendidos los coeficientes propuestos por distintos autores.

«Se deduce del cuadro que, según los autores citados el valor de *k* puede oscilar entre un mínimo de 0.318 y un máximo de 0.376 por lo que si un acero tiene una dureza igual a 300, y no se conociera ningún dato respecto a su naturaleza y al tratamiento sufrido, en la duda de usar uno u otro coeficiente no se podría asegurar que el acero ensayado con la esfera es material de 95 o de 113 Kgs/mm^2.

VALORES DE K

AUTORES	Grado de dureza	ACEROS NO TEMPLADOS		Aceros templados y recocidos a 500°-700°
		Normal al laminado	Paralelo al laminado	
Brinnel	Dulce Duro	—	0.346	—
Dillner	H $\leq$ 175 H $\geq$ 175	0.362 0.344	0.354 0.324	—
Charpy	Dulce Duro	0.351 0.336		—
Breuil	Dulce Duro	0 376 0.332		—
Ast	Dulce Duro	0.375 0 332		—
Grard	Dulce Duro	0 358 0.351	0.343 0.329	0.346 0.318

Los autores citados han ensayado principalmente aceros al carbono.

Se observa en el caso de aceros especiales o sometidos a tratamientos térmicos distintos que el coeficiente *k* varía entre límites más separados aún.

« El cuadro anterior permite, sin embargo, deducir, en línea general que todos los experimentadores están de acuerdo en lo siguiente:

1.°) Que para los aceros duros el coeficiente *k* tiene valores menores que para el acero dulce.

2.°) Que la dureza determinada en dirección normal al laminado, da para *k* valores superiores a los que se obtienen si es determinada en dirección paralela al mismo ».

137. **Distintos modos de calcular el grado de dureza.** — Hemos llamado grado de dureza, siguiendo a Brinell, a la relación:

$$H = \frac{P}{S}$$

en la que P representa la carga que actuó sobre la esfera; y S la superficie del casquete esférico que constituye la impresión o huella dejada por la esfera en el cuerpo sometido a ensayo.

La medida de la superficie S puede hacerse en función del radio o de la altura del casquete esférico. Debe tenerse presente, que en la práctica se presenta a veces dificultades a causa del reborde o de la depresión que suele producirse en el contorno de la huella.

Es evidente que en esos casos es muy difícil medir con exactitud el diámetro d de la huella.

En cambio, la medida de la altura a puede hacerse más fácilmente y con menos probabilidades de error.

Las fórmulas que pueden aplicarse para la determinación de H serán, pues, las siguientes:

$$H = \frac{P}{\pi D a}$$

$$H = \frac{P}{\frac{1}{2} \pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} \quad \text{(fórmula de Brinell)}$$

$$H = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad \text{(fórmula de Meyer)}$$

En todas estas fórmulas D representa el diámetro de la esfera: las demás letras tienen los mismos valores indicados antes.

La determinación de la dureza por el procedimiento de Ludwik se haría aplicando la fórmula:

$$H = 0.225 \frac{P}{t^2}$$

En la que t indica la penetración producida.

La ventaja de este procedimiento consiste en que hace más difícil la producción de rebordes y depresiones, y que la sim ple medida de t permite conocer también el diámetro de la huella.

138. **Influencia del diámetro de la esfera.** — Según Brinell: «A igualdad de presión el número que representa la dureza, especialmente cuando se trata de materiales duros, es tanto más alto cuanto menor sea el diámetro de la esfera».

Malmströn que hizo una serie de experiencias con esferas de 5, 7.5, 15 y 20 milímetros de diámetro, llegó a las siguientes conclusiones:

«Se puede admitir, en general, que la dureza es una función lineal de la superficie de impresión e independiente de la carga que actúa sobre la esfera de la forma:

$$H = a - \frac{b}{s}$$

en la que a y b son dos coeficientes, y s la superficie de la impresión.

Los coeficientes a y b varían con el diámetro de esfera. La cantidad a es aproximadamente constante e igual, en término medio a 149, siempre que el diámetro de la esfera sea inferior a 10 mm.

Disminuye a medida que el diámetro de la esfera aumenta de dicho valor. El coeficiente b al contrario, aumenta muy rápidamente con el diámetro de la esfera, más rápidamente que los cuadrados de dichos diámetros».

Prever y Thomas llegaron también, experimentalmente a la determinación de esta misma ley.

Benedicks propuso un método empírico para hacer comparables los resultados del ensayo de dureza aunque fuese ejecutado con esferas de distintos diámetros. Determinó que pa-

ra un mismo metal, cuando el diámetro de la esfera varía entre 2.6 y 12.77 mm., el producto del coeficiente de dureza por la raíz quinta del diámero es constante y que, cuando la presión varía entre límites muy separados, el coeficiente de dureza es proporcional a la presión más una constante *l*, siete a nueve veces mayor, la cual varía al variar el metal.

Las fórmulas deducidas por Benedicks, de estas leyes fueron modificadas por Le Chatelier.

En 1909, Moore demostró que las fórmulas propuestas para eliminar la influencia que sobre el grado de dureza ejercen el diámetro de la esfera y la presión no permitían llegar a un resultado invariable para cada material.

Meyer, que realizó después estudios al respecto, llegó a conclusiones semejantes a las obtenidas por Moore. No obstante, las deducciones de Moore y de Meyer no fueron aceptadas incondicionalmente y varios años más tarde Thomas volvió a tomar en consideración las fórmulas de Benedicks.

En la actualidad se aceptan generalmente las ideas expuestas por Prever quien, después de haber hecho numerosas experiencias, manifiesta que: «salvo ulteriores deducciones hechas de ensayos ejecutados en mayor escala, puede sostenerse que el grado de dureza dado por la fórmula:

$$H = \frac{P}{\pi D a}$$

no está influenciado por la variación de la carga P o del diámetro D de la esfera empleada, sino que depende exclusivamente del metal sometido a ensayo. Este hecho constituye además una buena razón respecto a la conveniencia que existe en que se deduzca el grado de dureza de la medida de la profundidad a de la impresión».

Se estudia aún la influencia que pueden ejercer sobre los resultados las deformaciones experimentadas por la esfera bajo la acción de distintas cargas y sobre los diversos materiales.

En la práctica los ensayos se hacen generalmente con esfe-

ras de 10 mm. de diámetro sobre las que se hace actuar una carga de 3000 kilogramos durante un minuto.

139. **Máquinas e instrumentos para la medida del grado de dureza Brinell.** — Las prensas para ensayos a la compresión están generalmente provistas de un dispositivo auxiliar que permite ejecutar los ensayos para la determinación del grado de dureza por el procedimiento de Brinell.

Para medir la profundidad *a* de la huella se usa diferentes instrumentos basados principalmente en el empleo de tornillos micrométricos.

Los estudiantes podrán observar, en los laboratorios del Instituto, el funcionamiento de esta clase de aparatos.

En el comercio se encuentra aparatos que en vez de indicar el grado de dureza o la profundidad de la impresión expresan directamente la resistencia a la tracción en kilogramos por milímetro cuadrado.

No es necesario decir que las indicaciones dadas sólo pueden tomarse como aproximadas, pues, como hemos visto anteriormente, la relación entre la dureza y la resistencia a la tracción no es absolutamente fija y constante.

Por consiguiente, no puede aconsejarse la divulgación de esta clase de instrumentos que podrían hacer incurrir en serios errores si se diese a sus indicaciones un carácter que, en manera alguna puede tener. Es necesario, en efecto, para llegar a conclusiones fundadas, no prescindir de factores tales como la naturaleza del material, tratamiento, sentido de laminado, etc.

CAPÍTULO VIII

ENSAYOS DE METALOGRAFIA MICROSCOPICA

140. **Consideraciones generales.** — La metalografía microscópica o sea el estudio de la estructura de los metales mediante la observación microscópica, constituye hoy una nueva Ciencia de cuyo estudio se han deducido conclusiones de la mayor importancia y de la que es dable esperar aún grandes progresos.

Los procedimientos metalográficos complementan con muchas ventajas al análisis químico en la investigación cuantitativa de las aleaciones metálicas, pues no sólo permiten establecer las proporciones de los componentes sino además su distribución interna, es decir, la forma en que están agrupados o combinados.

Los primeros estudios sobre esta materia se deben a Sorby y a Martens. Posteriormente publicaron importantes trabajos Osmond, Austen, Stead, Le Chatelier, Charpy, etc.

Stead refiriéndose a las investigaciones microscópicas dice que constituyen un método sencillo y que si bien «serán necesarios aún muchos años antes de que se obtenga datos y conocimientos lo suficientemente prácticos para considerar a la micrometalografía como una ciencia exacta y una guía práctica constante, ella nos permite desde ahora explicar inteligentemente el trabajo de una máquina, sus causas y sus efectos».

Osmond en un informe presentado a la Comisión Francesa de Métodos de Ensayo de Materiales de Construcción (Octubre 1892) decía que esta «ciencia nueva» puede motivar importantes manifestaciones aisladas, pero no está todavía constituida en estado autónomo. No ha tomado la conciencia clara de lo que es ni de lo que llegará a ser».

«Transformación positiva del arte de interpretar el aspecto de las fracturas, la metalografía será desde luego descriptiva, determinará para los distintos metales, en sus diferentes estados, la naturaleza, forma, dimensiones, proporciones, distribución local y general de los componentes.

Más tarde, en posesión de datos experimentales suficientes relacionará los hechos observados:

1.º) Con sus causas: investigando cómo cambia la estructura de un metal bajo la influencia de estos tres factores combinados: temperatura, tiempo y presión.

2.º) Con sus consecuencias: definiendo las propiedades mecánicas que corresponden a una determinada estructura.»

Sin detenernos en el estudio de la evolución que ha experimentado esta ciencia a través de los años, debemos expresar

sin embargo, que han sido tan grandes los progresos alcanzados que no existe hoy ninguna industria metalúrgica, ninguna usina ni taller debidamente instalado que no posea un laboratorio de metalografía microscópica.

Hiorns que ha escrito un interesante libro sobre la materia se expresa en los siguientes términos respecto a las ventajas de este método:

«Tan pronto como el microscopio hizo su aparición en nuestras grandes usinas, los químicos industriales y los expertos se apresuraron a servirse de este nuevo sistema de investigación.

Es necesario no obstante, reconocer que el examen microscópico no debe reemplazar al análisis químico ni a los ensayos mecánicos de los metales: su único fin es suministrar datos complementarios que los otros métodos empleados son incapaces de dar. Así, para el acero, el análisis químico ordinario indicará la cantidad total del carbono combinado y libre pero no revelará la presencia de componentes definidos tales como la ferrita, la cementita, la perlita, la martensita, etc.: ni la forma en que están distribuidos en el metal. Del mismo modo en una aleación como el latón el análisis químico dará las cantidades relativas de cobre y de zinc, pero no indicará como existen estos metales, si en estado libre o en estado combinado.

El análisis químico no puede revelarnos la estructura interna, cristalina u otra que modifica tan grandemente las propiedades físicas del metal, ella no indicará tampoco la presencia o la ausencia de mezclas eutécticas. Es verdad que algunas de estas propiedades pueden ser evidenciadas por otros medios, pero también aquí el microscopio es de una gran utilidad porque ayuda a confirmar los resultados de esos otros procedimientos físicos.»

Entre la metalografía y la petrografía o sea el estudio de las rocas, existe muchas semejanzas por cuya circunstancia se emplean generalmente los mismos términos técnicos.

Sin embargo, en los Congresos de Ensayo de Materiales se ha llegado a acordar una nomenclatura especial para evitar confusiones que podrían ser causa de inconvenientes.

141. **Estudio del sistema hierro - carbono.** — En lo que se refiere a los materiales de construcción ofrece especial interés la consideración de la aleación hierro - carbono. Los estudios efectuados al respecto forman una extensa bibliografía. El conocido diagrama de Roozeboom permite examinar el comportamiento de dicha aleación al pasar del estado líquido al sólido.

En él aparecen señalados los principales constituyentes microscópicos del sistema hierro - carbono.

Cabe recordar aquí que Osmond determinó que el hierro puede existir bajo tres estados diferentes que denominó con el nombre de *alfa*, *beta* y *gama*.

En efecto; si se deja enfriar el hierro puro a partir del estado de fusión la curva que representa la variación de temperatura en función del tiempo indica tres detenciones del enfriamiento que corresponden a desprendimientos de calor. Estos puntos son los denominados *puntos críticos*. Inversamente cuando se calienta el hierro estos puntos críticos se manifiestan también, pero corresponden entonces a absorciones de calor y se manifiestan a temperaturas algo más elevadas que en el caso anterior.

Estos desprendimientos y absorciones de calor son originados por la resistencia interna que presenta el cuerpo al cambio de estado.

El hierro *alfa* es magnético, cúbico y no disuelve el carbono; el hierro *beta* es cúbico, pero no magnético y no disuelve el carbono; el hierro *gama* no es magnético y disuelve el carbono.

La transformación del hierro *alfa* en hierro *beta* se produce aproximadamente a los 850°C y la del hierro *beta* en hierro *gama* a los 740°C.

Existe otro punto crítico que se produce a los 690°C aproximadamente. Cuando se llega a esta temperatura se produce una contracción en lugar de la dilatación que podía esperarse.

Este punto corresponde a la disociación de un compuesto de carbono y hierro en carburo de hierro o *cementita* ($F_e{}^3C$).

Excedida esta temperatura el carbono queda diluido en la

masa en estado de solución; a temperaturas menores se produce la combinación química.

Las temperaturas indicadas corresponden al hierro puro. Tratándose de la aleación hierro-carbono varía la situación de los puntos críticos. Es posible obtener que coincidan los tres puntos en uno sólo ubicado a los 690°C más o menos, en cuyo caso el hierro alfa se transforma directamente en hierro gama.

En el Congreso de Ensayo de Materiales reunido en Nueva York en 1912, una Comisión especial designada para estudiar lo relativo a la nomenclatura de los constituyentes microscópicos del sistema hierro-carbono, formuló la siguiente lista:

« 1. Metarales, fases reales como los minerales de la natu«raleza. Estos pueden ser: elementos y combinaciones quími«cas definidas, o soluciones sólidas compuestas por consi«guiente de sustancias definidas, en proporciones variables. «Son la austenita, la ferrita, la cementita y el grafito.

« 2. Agregados análogos a las entidades petrográficas distin«tas de los verdaderos minerales. Estas mezclas pueden estar «en proporciones definidas eutécticas o mezclas eutectoides «(ledeburita, perlita, steadita) o en proporciones indefinidas «(troostita, sorbita).

«(Muchos minerales verdaderos tales como la mica, feldes«pato y hornablenda son divisibles en varias especies diferen«tes, de tal suerte que los nombres de verdaderos minerales «son genéricos o especificados. Estos géneros o especies son «combinaciones químicas definidas en las que un elemento «puede reemplazar a otro. Como los minerales, los metarales «difieren de los agregados en que son químicamente homogé«neos de manera múltiple).

«Estas dos categorías pueden ser clasificadas diferente«mente en:

«*A*) La serie hierro-carbono, que se forma por enfria«miento y por calentamiento.

«*B*) Las impurezas importantes, sulfuro de manganeso, sul«furo de hierro, escorias, etc.

«*C*) Las otras sustancias.

«Los miembros mas notables de la serie hierro-carbono son:
«I. Hierro liquido, metaral, solución líquida pero no un cons-
«tituyente microscópico.
«II. Los constituyentes que se forman durante la solidifica-
«ción:

«*a*) Austenita, solución sólida de carbono o de carburo
«de hierro en el hierro, metaral.
«*b*) Cementita, metaral definido Fe^3C.
«*c*) Grafito, metaral definido, C.

«III. Las sustancias de transición que se forman durante la
«transformación de la austenita durante el curso del enfria-
«miento.

«*d*) Martensita, metaral de constitución variable: su na-
«turaleza es discutida.
«*e*) Troostita, agregado indefinido, mezcla no coagulada.
«*f*) Sorbita, agregado indefinido, constituido principal-
«mente por perlita no coagulada, mas ferrita y cemen-
«tita.

«IV. Productos de la transformación de la austenita:

«*g*) Ferrita.
«*h*) Perlita.

«Esta transformación puede producir también cementita y
«grafito como productos finales además de los indicados en
«*b* y *c*.
«Además de los precedentes, universalmente reconocidos y
«de un uso general se han empleado las designaciones si-
«guientes:

«*i*) Ledeburita (Wust) agregado definido, eutéctico de
«austenita y de cementita.
«*j*) Ferronita (Benedicks) metaral definido, hipotético,

«hierro que contiene alrededor de 0.27 °/o de carbono.
«*k*) Steadita (Sauveur) agregado definido, eutéctico de «hierro y fósforo (poco común).

«Y tres fases de transición en la transformación de la aus- «tenita a saber:

«*l*) Hardenita (Arnold) nombre colectivo para la com- «posición eutectoide de austenita y de martensita.
«*m*) Osmondita (Heyn) fase límite entre la troostita y «la sorbita.
«*n*) Troosto-sorbita (Kourbatoff) agregado indefinido, «troostita, y sorbita vecinos del límite de separación de «estos dos agregados (cae en desuso)».

Siendo nuestro propósito al ocuparnos de la metalografía microscópica dar solamente una idea general de la materia evitando llegar al detalle pues ello nos apartaría del programa del curso de Ensayo Mecánico de Materiales, no transcribimos la parte del informe que comprende todo lo relativo a definición, constitución y composición, cristalización, variedades y génesis, equilibrio, transformación, formas, propiedades físicas, etc. de cada uno de los constituyentes mencionados.

142. **Procedimientos de ensayo.** — El examen microscópico de un metal comprende las siguientes operaciones:

a) Preparación del ejemplar, pulimento y ataque mediante reactivos.
b) Observación microscópica de la superficie atacada y reprodución fotográfica.
c) Análisis metalográfico.

143. **Preparación del ejemplar.** — El ejemplar está constituido generalmente por un cilindro de 10 a 15 milímetros de diámetro e igual altura, o por un cubo cuyo lado estará comprendido entre esos mismos límites.

No hay conveniencia en usar ejemplares de mayores dimensiones porque harían mas larga y laboriosa la tarea del pulido; ni más pequeños porque serían de poco cómoda manipulación.

Según la naturaleza del metal puede hacerse la primera preparación con auxilio de la lima, la sierra, la piedra esmeril, etc.

Una de las caras debe quedar bien plana y las aristas no presentar rebordes.

La operación del pulimento debe ser efectuada muy cuidadosamente. El procedimiento más usado es el que se indica a continuación: se frota la cara plana del ejemplar, sucesivamente sobre una serie de papeles de esmeril de grosor decreciente desde el N.º 2 hasta el N.º 0000; se dan 200 pases de una longitud de 10 a 12 centímetros, 100 en un sentido cualquiera y los 100 siguientes en el sentido perpendicular a éste, sobre cada papel esmeril excepto sobre el último, el N.º 0000 sobre el que se dan 400 pases. La duración total de esta operación es de unos diez minutos más o menos.

El ejemplar presenta entonces una superficie brillante pero llena de pequeñas rayas. Para obtener que estas desaparezcan por completo es necesario hacer más perfecto el pulimento. Al efecto se utiliza el aparato para pulir, que consiste en un ventilador eléctrico común en el que se ha reemplazado las paletas por un bastidor metálico circular en que se ha colocado bien tenso un trozo de fieltro. Con ayuda de un pulverizador es posible proyectar sobre el fieltro, agua que contenga en suspensión un polvo muy ténue de alúmina obtenido de la alúmina amoniacal lavada por el procedimiento Schloesing para el análisis de la arcilla.

El disco de fieltro debe girar a una velocidad de 1200 vueltas por minuto, aproximadamente.

La operación de pulido se hace sosteniendo el ejemplar con dos dedos y apoyándolo, con una ligera presión sobre el fieltro. La operación se termina en pocos minutos.

Se considera que el ejemplar está preparado cuando observado en el microscopio no se percibe ninguna raya.

Es preciso entonces proceder al ataque. Se han propuesto

muchos reactivos. Para los productos siderúrgicos el más usado es una solución al 5 °/o de ácido pícrico en alcohol etílico absoluto, o también el reactivo de Kourbatoff o sea una solución al 4 °/o de ácido nítrico en alcohol amílico.

Para las aleaciones de cobre se emplea comúnmente el percloruro de hierro en solución clorhídrica.

En general puede establecerse que se adoptan reactivos distintos según sea la naturaleza del metal o aleación.

144. **Observación microscópica.** — Para observar la superficie atacada se necesita un buen microscopio. Se construyen microscopios destinados especialmente a la micro-fotografía. Entre ellos el más empleado es el de Chatelier.

145. **Análisis metalográfico.** — Para obtener resultados satisfactorios de los exámenes metalográficos es indispensable que el operador tenga cierta práctica en esta clase de investigaciones.

Para determinar la identidad de los constituyentes microscópicos del hierro puede seguirse el siguiente procedimiento:

Se empieza por efectuar la operación llamada por Osmond *pulimento de bajo relieve* que consiste en frotar el ejemplar sobre un disco revestido de sulfato de calcio precipitado. Se pasa luego al *pulimento-ataque* que se se ejecuta frotando el ejemplar sobre un disco embebido de infusión de raíz de orozúz. Se obtiene así un dibujo que, si resulta coloreado corresponde a la martensita, troostita o austenita. Si no es coloreado es porque se trata de ferrita, cementita, martensita o austenita.

Se procede entonces al ataque propiamente dicho que se ejecuta con tintura de yodo. Si el constituyente se colorea es sorbita, troostita, martensita o austenita. Si no se colorea se trata de ferrita o cementita.

En el laboratorio de metalografía microscópica podrá examinarse una colección de ejemplares de hierros y aceros de distinta composición y tratamiento, como también proceder a la preparación de ejemplares para ser observados.

Ajustándonos al plan que nos trazamos al escribir estos Apuntes para los alumnos del curso de Ensayo Mecánico de

Materiales. que no ha sido otro que el de exponer en forma sintética los principios fundamentales que deben conocer para entrar de lleno en la parte práctica del curso, que en esta materia es lo más importante, damos término aquí a esta breve exposición sobre la metalografía microscópica.
